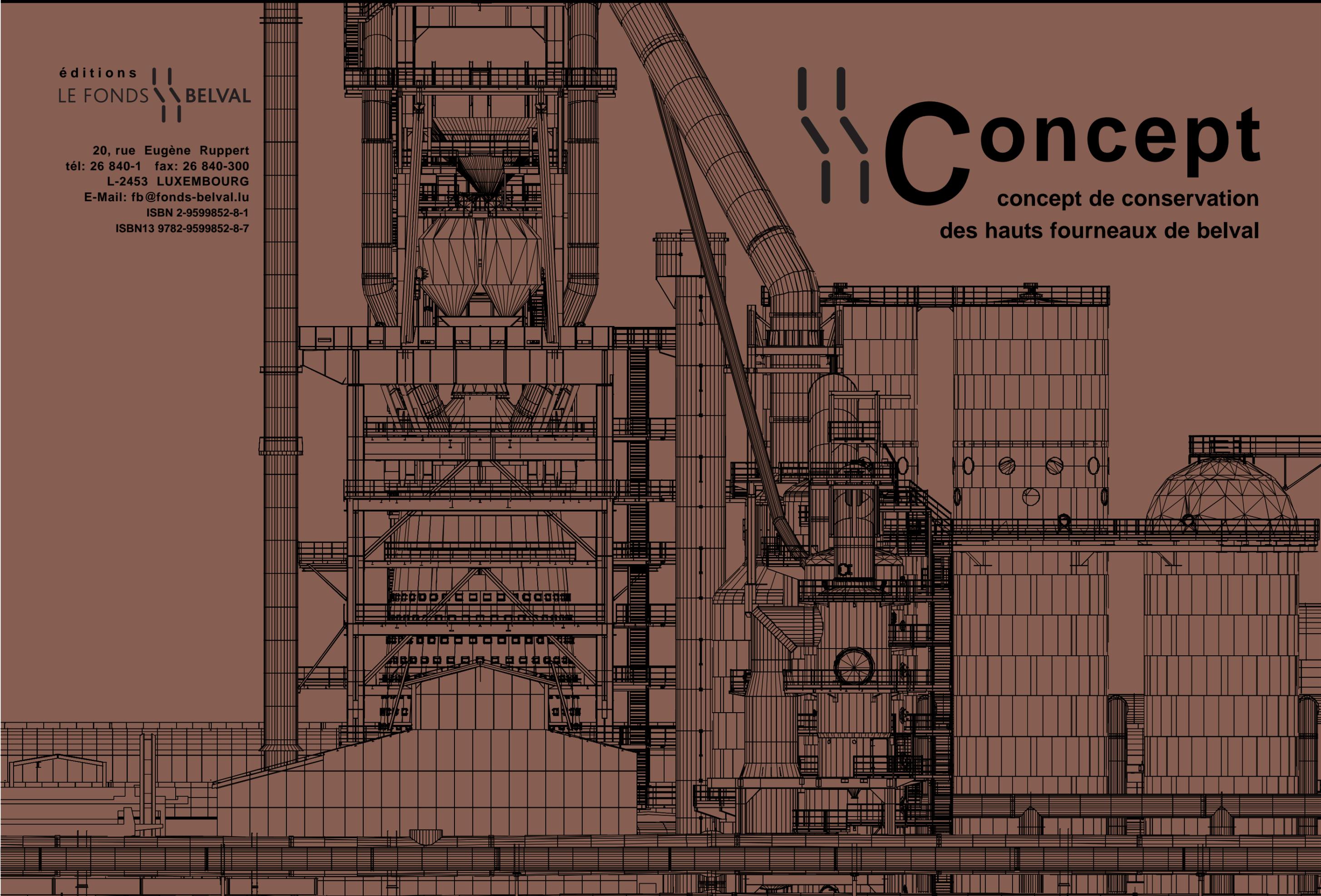


éditions  BELVAL

20, rue Eugène Ruppert  
tél: 26 840-1 fax: 26 840-300  
L-2453 LUXEMBOURG  
E-Mail: fb@fonds-belval.lu  
ISBN 2-9599852-8-1  
ISBN13 9782-9599852-8-7



# Concept

concept de conservation  
des hauts fourneaux de belval



# Concept

concept de conservation  
des hauts fourneaux de belval



## table des matières

préface .....	5
restaurer, conserver, ou... ..	9
les enjeux du projet .....	13
les hauts fourneaux de belval .....	23
l'évolution technique des hauts fourneaux .....	27
le guide technique .....	29
le haut fourneau .....	37
la structure .....	47
la halle de coulée .....	49
le circuit des vents .....	51
le circuit des gaz .....	55
l'équipement de la charge .....	61
la möllerei .....	63
la production de laitier .....	65
les infrastructures annexes .....	67
les hauts fourneaux d'aujourd'hui .....	71
les hauts fourneaux redessinés .....	97
les scénarios de conservation .....	117
scénario: la silhouette de belval .....	121
scénario: le projet muséologique .....	129
scénario: le compromis conceptuel .....	137

## préface

Les hauts fourneaux de Belval sont les deux derniers hauts fourneaux du Grand-Duché de Luxembourg. Ils témoignent d'une période importante de l'histoire du pays, de son émancipation économique et de l'émergence d'une nation portée par le développement de l'industrie sidérurgique.

Suite au passage à la filière électrique entamé à partir de 1993, le haut fourneau B à Esch-Belval, le dernier haut fourneau encore en fonction au Grand-Duché, fut arrêté. Le 31 juillet 1997 eut lieu la dernière " coulée symbolique " qui marqua la fin d'une grande époque, celle des hauts fourneaux du pays.

Les hauts fourneaux de Belval ont été inscrits en date du 18 juillet 2000 sur l'Inventaire Supplémentaire des Sites et Monuments Nationaux entérinant la volonté du gouvernement de conserver ce patrimoine national.

Les études et les réflexions ont orienté le projet dans une direction urbaine et contextuelle, en intégrant l'espace des hauts fourneaux comme un lieu ouvert pour le public et non comme une enclave au coeur de la nouvelle cité qui sera développée sur la friche de Belval.

Le projet des hauts fourneaux de Belval est très probablement l'unique projet de conservation d'une installation industrielle de ce genre à s'inscrire dans le cadre d'un projet de développement urbain. Alors que des expériences similaires menées dans les pays européens, et notamment en Allemagne, ont mis en œuvre des projets de type muséal comme ce fut le cas pour la " Völklinger Hütte " ou ont relégué ces installations industrielles dans des zones récréatives comme dans le " Landschaftspark Duisburg-Nord ", les hauts fourneaux de Belval seront un monument inscrit dans la ville.

*Poches à laitier, situées en dessous de la salle des machines du haut fourneau A*



*Vue sud-ouest sur l'ensemble des installations des hauts fourneaux A et B de Belval*



## restaurer, conserver, ou...



*Haut fourneau A, ensemble des cowpers avec leur cheminée et le monte-charge, 2006*

La conservation d'objets, d'ouvrages ou encore de monuments est un débat fort controversé même parmi les experts de l'archéologie et de la conservation des monuments historiques.

Plusieurs courants divergents sont émergents. Si d'aucuns prônent la restauration des monuments, d'autres prétendent à la conservation en leur état actuel, leur état à l'époque de leur mise en conservation, bien entendu. Les derniers suivent une autre voie, celle de leur ruine contrôlée. Chacune de ces directions suit une logique qui lui est propre et parfaitement argumentable.

Restaurer oui mais restaurer quoi? Restaurer quel état ou encore quelle époque? La question se pose d'emblée. Restaurer l'état originnaire ou d'autres états évolués, des époques différentes qui ont eu chacune une emprise sur le monument, l'ouvrage ou l'objet, ou bien encore l'une d'entre elles. C'est un choix à faire non pas une règle. Mais c'est une approche qui ne peut être envisagée que si l'on dispose des informations suffisantes.

Mais bien souvent ces conditions ne sont pas remplies, ce d'autant plus que le monument date. Ceci a donné par trop souvent lieu à des interprétations incertaines ou encore abusives, comme ce fut le cas pour la citadelle de Carcassonne que Viollet-le-Duc restaura avec plus de romantisme que de rigueur scientifique. Pour échapper à ce piège, les restaurateurs s'appliquent à restituer des états documentés, des états certains retraçables, authentiques, originaires ou encore évolués, quitte à documenter plusieurs époques sur le même objet.

Conserver l'objet tel qu'il est à l'heure de sa mise en conservation est une approche différente, qui veut documenter l'ouvrage tel qu'il est devenu. Figurer les traces du temps tel est la devise, documenter l'évolution du monument et conserver cet état pour les générations futures sans y apporter aucune modification.

A poursuivre le raisonnement on aboutit au principe de la ruine contrôlée. Cette approche part du principe que l'évolution ne peut être arrêtée. Le seul état authentique des choses est l'état de sa perpétuelle actualité tel qu'il apparaît à tout instant jusqu'à sa disparition complète.

Laquelle de ces philosophies est la bonne, nul ne le sait réellement. C'est une question de point de vue, de mode ou encore de moyens. Il faut faire un choix, il n'existe pas de règle absolue, incontournable.



*Vue de Belvaux sur les hauts  
fourneaux A et B de Belval*

## les enjeux du projet

Les deux hauts fourneaux de Belval et leurs installations annexes, aujourd'hui à l'arrêt, sont les derniers vestiges de l'industrie lourde du Luxembourg. Le projet de leur conservation s'inscrit dans un cadre beaucoup plus large que le simple projet archéologique. Le déclin de l'industrie lourde a libéré d'importantes surfaces foncières qui représentent une opportunité unique pour des développements urbains pouvant insuffler une vie nouvelle à ces friches industrielles.

Suites aux restructurations dans le domaine de l'industrie sidérurgique du Luxembourg, 1.200 ha de friches industrielles ont été libérées au Sud du Grand-Duché. Le gouvernement luxembourgeois a décidé d'en reconverter 650 ha dans les années à venir. L'aménagement de ces surfaces permettra de réorienter l'utilisation du sol dans le Sud du pays et de rééquilibrer l'organisation territoriale du Grand-Duché de Luxembourg.

La décentralisation d'infrastructures et la création de nouveaux créneaux devront contribuer à améliorer la qualité de vie de la population, la prospérité économique et finalement l'image de marque de toute la région. La friche industrielle de Belval sera la première à être reconvertie dans le cadre de ce vaste projet.

### Le projet urbain de Belval

Au début de l'année 2000 la société AGORA, chargée du développement du site, a organisé en collaboration avec le Ministère de l'Intérieur un concours international d'urbanisme basé sur le plan directeur élaboré par le Bureau d'architecture Dewey & Muller.

Le bureau d'urbanisme Jo Coenen de Maastricht est sorti lauréat de ce concours. Celui-ci propose un ensemble urbain qui comprend quatre quartiers destinés à des fonctions bien distinctes, à savoir: la Terrasse des Hauts Fourneaux, le Square Mile, le Parc Belval et le Quartier Belval. Le plan directeur est à la base de l'aménagement du site.

Le projet couvre les 120 hectares de la friche et propose des aménagements urbains différenciés tendant à créer une urbanité dynamique grâce à une grande mixité des fonctions répartie sur l'ensemble du site.

Chaque quartier conserve cependant son caractère propre, tantôt réservé prioritairement à l'habitat individuel et collectif, tantôt aux activités du secteur

*Le plan directeur, dessiné par le bureau d'urbanisme Jo Coenen de Maastricht en 2001*

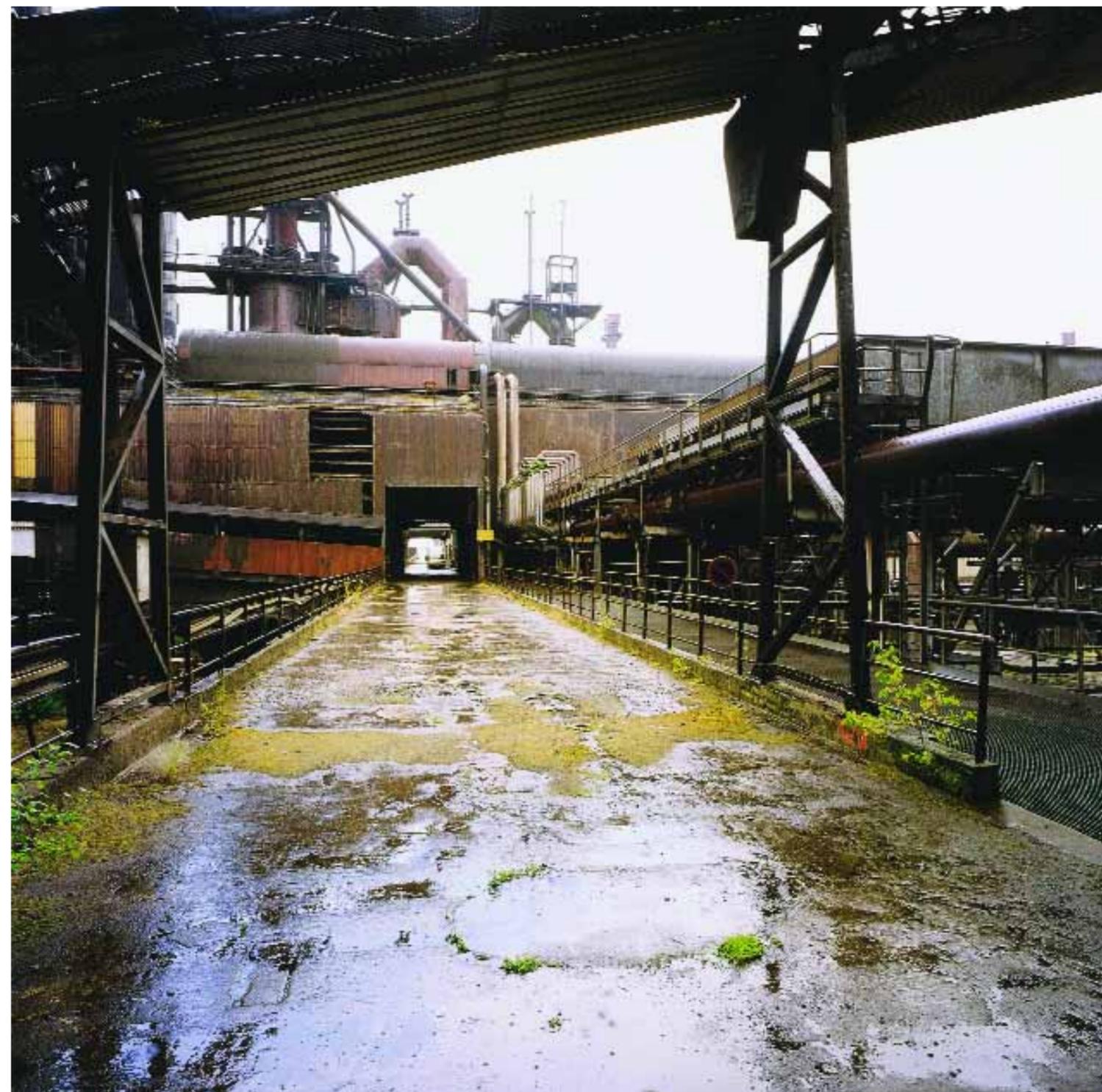


tertiaire tout en ne négligeant pas les autres fonctions complémentaires et essentielles à une activité socio-urbaine vivante et pérenne.

L'Etat luxembourgeois sera le premier investisseur dans le cadre de ce grand projet de ville. Le gouvernement a confirmé dans sa réunion du 5 juillet 2001 la réalisation de la Cité des Sciences, de la Recherche et de l'Innovation sur la friche industrielle de Belval. La Cité des Sciences est le projet phare de la reconversion des friches industrielles et le moteur du développement de Belval.

La Cité des Sciences, de la Recherche et de l'Innovation est un projet à vocation scientifique et culturelle élaborée sous la tutelle du Ministère de l'Intérieur, en collaboration avec tous les partenaires concernés au niveau ministériel, communal et institutionnel. Le programme de la Cité des Sciences s'articule autour de l'enseignement supérieur, de la recherche et de la vie estudiantine qui sont les activités principales de la Cité. Ce programme prévoit la construction une surface totale brute de 426.000 m<sup>2</sup> se répartissant sur quelques 25 projets. L'investissement s'élève à 1.000.000.000.- €.

L'essentiel de ce programme, notamment les infrastructures de l'enseignement supérieur, culturelles, administratives et de loisirs, seront implantées sur la Terrasse des Hauts Fourneaux à l'ombre des vestiges industriels qui seront au carrefour de l'ère industrielle et de l'ère de la recherche.



*Highway, vue de la halle de coulée du haut fourneau A vers la halle de coulée du haut fourneau B*

*Vue sur les conduites des cowpers du haut fourneau B*



### L'intégration urbanistique des hauts fourneaux

La Terrasse des Hauts Fourneaux sera un lieu d'échanges, de communication et de coopération qui table sur la création de synergies fonctionnelles entre les différentes institutions et activités qui y seront implantées. Les synergies fonctionnelles seront favorisées par le principe des "chemins courts".

Le projet de conservation des hauts fourneaux de Belval-Ouest est unique parmi tous les projets de sauvegarde de hauts fourneaux réalisés jusqu'à présent. Il est, en effet, le seul à s'inscrire dans le contexte d'un nouveau quartier urbain. Le site des hauts fourneaux occupe une surface de 2.7 ha, soit près de 1/8<sup>ème</sup> de la surface globale de la Terrasse des Hauts Fourneaux. De part sa position centrale dans le quartier et en raison du concept urbanistique global de la Terrasse des Hauts Fourneaux, l'espace des vestiges industriels devra s'insérer au sein du contexte urbain de la future ville.

La création d'un enclos fermé ne peut pas convenir aux objectifs urbains du projet de Belval-Ouest. La fermeture du site tel que cela a été fait pour le site des hauts fourneaux de Völklingen ne peut donc pas être la réponse à la conservation des hauts fourneaux de Belval. La solution retenue pour les hauts fourneaux du Emscher Park, présentés dans un park suburbain, ne peut pas être envisagée non plus. Le site des hauts fourneaux de Belval-Ouest sera par définition un espace urbain et non un parc suburbain.

La conservation des installations industrielles devra avoir pour objectif de rendre l'espace des hauts fourneaux perméable et attractif pour le grand public. Cet espace sera l'épine dorsale du quartier et son axe de circulation principal. L'intégration des hauts fourneaux, tout comme leur perception, sera d'autant plus probante et réussie que le site pourra être identifié en tant que lieu urbain.

La conservation des hauts fourneaux et leur intégration dans la ville pose cependant un éminent problème d'acceptation par le public. Au-delà des questions esthétiques et philosophiques du projet émergent les problèmes relatifs à la sécurité tant pour ce qui concerne la sécurité urbaine que pour la sécurité intrinsèque aux installations industrielles. Il sera indispensable d'offrir au public toutes les garanties en termes de sécurité, tant sur un plan matériel que sur un plan perceptif et psychologique. C'est un préalable à la réussite du projet.

Si la première revêt essentiellement un aspect conceptuel, la seconde découle principalement de la friabilité des structures métalliques, de la hauteur des installations, de l'exiguïté et de la complexité des accès du site.

Les installations des hauts fourneaux dans leur état actuel sont loin de remplir les conditions d'intégration dans un milieu urbain. Elles n'ont plus été entretenues depuis la fermeture du site en 1997. Exposées aux intempéries, l'état de corrosion des structures métalliques, et particulièrement des passerelles, escaliers, garde-corps et tous les éléments réalisés en petits profils, représentent une source importante de dangers. Tous ces éléments risquent de se détacher de leurs supports.

Les hauts fourneaux sont des constructions complexes, des machines énormes. Ils comportent plusieurs niveaux avec des multiples recoins et des lieux dérobés. De plus, les éléments majeurs des hauts fourneaux comme les tours carrées, les halles de coulée, les cowpers, les installations de lavage des gaz et les nombreuses annexes morcellent l'espace en fragments souvent isolés, difficilement accessibles et très peu lisibles, autant de situations peu propices à l'implantation d'activités ou à la création d'un espace urbain sécurisant.

Le projet de conservation devra tenir compte de la situation particulière des installations et évaluer le degré de conservation, en ce sens, le plus adéquat. Réaliser un contexte favorable à l'implantation de nouvelles fonctions représente l'un des objectifs majeurs du projet de conservation des hauts fourneaux tout en préservant au mieux les installations. Cette animation permanente du site, de jour comme de nuit, sera le garant de la conservation des installations.

*Armatures cowpers, haut fourneau A*





*La ville nouvelle se construit lentement  
autour des hauts fourneaux.  
Vue sur les conduites à gaz du haut  
fourneau B et sur le chantier de la  
Dexia-BiL dans sa phase ultime, 2006*

## les hauts fourneaux de belval

L'histoire du Luxembourg est indissociable de celle de la sidérurgie qui a marqué profondément les paysages, les villes ainsi que les hommes et les femmes de cette région. Dès le début du 20<sup>ème</sup> siècle, le Luxembourg comptait parmi les premiers producteurs mondiaux d'acier. Jusqu'aux années 70, l'industrie du fer était le secteur le plus important de l'économie luxembourgeoise. Avec la crise de l'acier, l'industrie lourde a cessé de jouer un rôle prépondérant, tandis que le secteur tertiaire s'est développé au Luxembourg grâce à une politique de diversification.

Les premiers hauts fourneaux du bassin minier luxembourgeois furent construits de 1870-73 à Esch/Alzette qui a connu un développement fulgurant suite à l'industrialisation. Dans les années 1890, la sidérurgie luxembourgeoise entre dans une phase déterminante. De nouvelles usines intégrées se composant des installations de l'agglomération, des hauts fourneaux, des aciéries et laminoirs ont été construites. L'usine d'Esch-Belval fut construite de 1909-1912.

L'usine de Belval fut une des usines les plus modernes d'Europe, avec les usines Krupp à Rheinhausen et Thyssen à Bruckhausen en Allemagne. Elle comptait six hauts fourneaux capables de produire, chacun, 240-250 tonnes de fonte par jour et s'étendait sur un terrain de 200 ha. Huit machines soufflantes et neuf dynamos actionnées par des moteurs à gaz, installés dans la grande halle des soufflantes, produisaient le vent chaud et l'énergie électrique exigée par l'aciérie et les laminoirs en utilisant les gaz des hauts fourneaux. Dans les laminoirs furent réalisés des demi-produits (brames, billettes), des armatures, rails, profilés et fils de fer. Plus de 2.000 ouvriers travaillaient en 1912 dans l'usine.

Le plan de l'usine était orthogonal. Les hauts fourneaux et les réservoirs de minerai (Möllerei) se trouvaient du côté de Belval dans l'axe Nord-Sud. Parallèlement suivaient la halle des soufflantes, l'aciérie et la halle des mélangeurs.

Perpendiculairement à l'axe de l'aciérie étaient installés les laminoirs, le moulin à scories et l'atelier central. Une allée reliait le portail 1 (entrée principale de l'usine) à la direction administrative.

Cette structure orthogonale est née du souci de garantir un fonctionnement rationnel. Esch-Belval était une usine modèle, conçue dès le début pour un élargissement répondant aux besoins du futur.

A l'origine, six hauts fourneaux d'une hauteur de 30 m et d'un diamètre de creuset de 4 m avec leur batterie de 24 cowpers de 33 m de hauteur et de leurs cheminées formaient un ensemble impressionnant.



Après la Seconde Guerre mondiale, l'usine de Belval fut modernisée en grande partie, les six hauts fourneaux datant du début du siècle furent élargis jusqu'à 5,5 m de diamètre de creuset et un nouveau laminoir fut installé. Cependant, la capacité de production journalière des six hauts fourneaux n'atteignait que la capacité de 1.700 m<sup>3</sup>.

De 1965 à 1979, l'usine a subi à nouveau de grandes transformations. Les anciens hauts fourneaux ont été démolis et remplacés par les grands hauts fourneaux modernes. Les hauts fourneaux A (1965) et B (1970) ont été construits à l'époque où la sidérurgie connaissait une haute conjoncture. Il faut rappeler qu'alors les capacités de production maximales étaient utilisées à fond. Par contre, la construction du haut fourneau C (1979) était décidée après la crise du pétrole, à une époque où la sidérurgie était en pleine restructuration. En ce moment la société ARBED avait décidé de construire deux nouveaux hauts fourneaux identiques, les hauts fourneaux C et D. Le haut fourneau D n'a finalement jamais été construit.

Le haut fourneau A, qui depuis 1987 ne servait plus que de réserve, a un diamètre au creuset de 8 m et une hauteur de 82 m. La plus grande unité de

Le haut fourneau A, 1967



Les hauts fourneaux A et B, 1970



production fut réalisée avec le haut fourneau C avec une capacité de production journalière de fonte de 3.700 t. La construction fut achevée en 1979, en pleine crise sidérurgique. Il avait 11,2 m de diamètre au creuset, une hauteur totale de 110 m et un volume utile de 2.465 m<sup>3</sup>. Le haut fourneau C pouvait être rangé parmi les grands fourneaux de l'époque.

Suite au passage à la filière électrique entamé à partir de 1993, le haut fourneau B à Esch-Belval, le dernier haut fourneau encore en fonction au Grand-Duché, fut arrêté. Le 31 juillet 1997 eut lieu la dernière " coulée symbolique " du haut fourneau B avant qu'il ne soit définitivement éteint le 28 août de la même année. Le haut fourneau C, éteint le 19 janvier 1995, fut démonté et vendu en Chine en 1996.

Le 18 juillet 2000 les deux hauts fourneaux A et B et leurs installations annexes ont été inscrits à l'Inventaire Supplémentaire des Sites et Monuments Nationaux en tant que patrimoine national culturel à préserver.

## L'évolution technique des hauts fourneaux

L'archéologie industrielle procède d'une démarche scientifique dans laquelle l'étude comparée des installations, de leurs formes et de leur fonctionnement permet d'établir l'intérêt spécifique de chacun de ces ouvrages et de délivrer de précieuses informations, tant techniques et économiques que sociales.

Les fours utilisés pour la réduction des minerais sont passés depuis la nuit des temps du simple trou creusé dans le sol au haut fourneau aux dimensions impressionnantes.

La nécessité d'augmenter la température de combustion a d'abord poussé à rechercher les meilleures orientations des sites d'implantation des fours pour profiter au maximum de la ventilation naturelle. Pendant des siècles, ils furent construits sur des versants ou sur des sommets de collines bien exposés. Puis on a fait appel à un apport d'air artificiel en recourant à des soufflets à main et plus tard des soufflets actionnés par des roues à aubes ce qui conduisit à les implanter dans le fond des vallées près des cours d'eau pour utiliser la force cinétique.

La recherche d'une production plus importante et surtout plus continue imposa que l'on modifiât progressivement la forme de ce four enterré qui ne fournissait des loupes de métal qu'après extinction du feu. Mais faute de pouvoir augmenter la section horizontale du foyer en raison des difficultés de ventilation, il fallut accroître sa dimension verticale au-dessus du sol. Puis on entoura la base de l'appareil d'un petit talus ou d'un muret de pierres enduit d'argile et bientôt construit lui-même en terre réfractaire. Ainsi est né en occident le bas foyer dans les premiers siècles de notre ère.

On surmonta plus tard ce four d'une chape de terre percée d'un trou pour le tirage et l'évacuation des gaz et de la fumée. Ainsi le bas fourneau prit peu à peu la forme d'un tronc de cône. Les techniques de construction des fours évoluèrent par la suite. Ils prirent alors des formes diverses, des puits creusés, des cuves, des marmites enterrées ou encore des coupoles construites, selon les contraintes auxquels ils devaient obéir.

Des perfectionnements furent progressivement apportés à cette technologie: l'ouverture à la base de l'édifice pour améliorer le tirage dans le corps du four, les orifices par lesquels passèrent les tuyères des soufflets pour canaliser l'air insufflé, les trous de coulée du métal en fusion ou l'ouverture pratiquée au sommet du four appelée gueulard qui permettait son chargement continu en minerai et combustible.

Le four évolué vers le haut fourneau prit ainsi petit à petit la forme que nous retrouvons dans les vieilles fonderies. La cuve intérieure variait selon les matériaux qui la constituaient ou les minerais qui étaient utilisés : cylindrique comme une cheminée lorsqu'elle était creusée dans la roche en place, elle devint parallélépipédique au début de sa construction en pierre ou en brique, et parfois ovoïdale.

Très tôt le four fut encastré dans une construction de maçonnerie et devint de plus en plus important au cours des siècles pour devenir après de nombreuses mutations technologiques les monstres d'acier que nous connaissons aujourd'hui. Cette longue évolution, qui dura plusieurs millénaires, a conduit finalement à cette technologie qui comporte quatre éléments émergents:

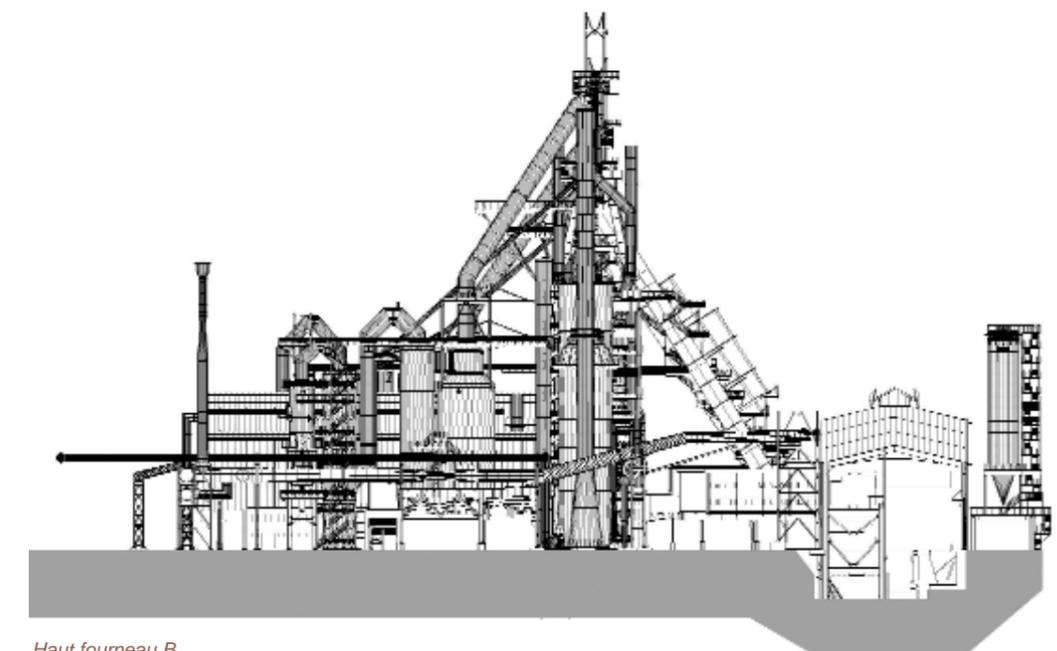
- 1 Le haut fourneau proprement dit, c'est-à-dire le four à combustion interne où se produisent les réactions chimiques et la réduction du minerai de fer, conduisant à la production de la fonte.
- 2 L'équipement du chargement à l'aide duquel la charge, composée des minerais et du coke, est introduite dans le haut fourneau. En 1709, l'introduction par Abraham Darby du coke en remplacement du charbon de bois, donna naissance au haut fourneau moderne.
- 3 Les installations de production du vent chaud dont le concept initial est dû à l'anglais Neilson, qui en 1828 introduisit l'idée d'injecter de l'air réchauffé dans le bas du haut fourneau. C'est en 1870 que les Anglais Cooper et Whitwell mirent au point le procédé utilisant les gaz chauds et combustibles rejetés par le haut fourneau pour chauffer les vents.
- 4 Enfin l'installation de l'épuration des gaz qui a permis l'utilisation des gaz des hauts fourneaux dans les processus industriels.

## le guide technique

Le haut fourneau est un équipement industriel très complexe qui a été développé tout au long des derniers siècles pour devenir un des outils les plus performants. Le développement technologique a permis d'augmenter les performances et la productivité des installations et de stabiliser les qualités des fontes produites qui permettent de développer des qualités d'aciers toujours plus pointues. Cependant il n'a toujours pas abouti à la dernière perfection. Même si des révolutions fondamentales ne sont plus à attendre, les recherches continuent. Les sidérurgistes s'appliquent en permanence à améliorer les équipements.

Le guide technique se borne à décrire d'une manière suffisamment complète les deux hauts fourneaux de Belval et de relever leurs différences pour permettre une meilleure compréhension des principes du concept de conservation proposé.

*Haut fourneau B en construction*



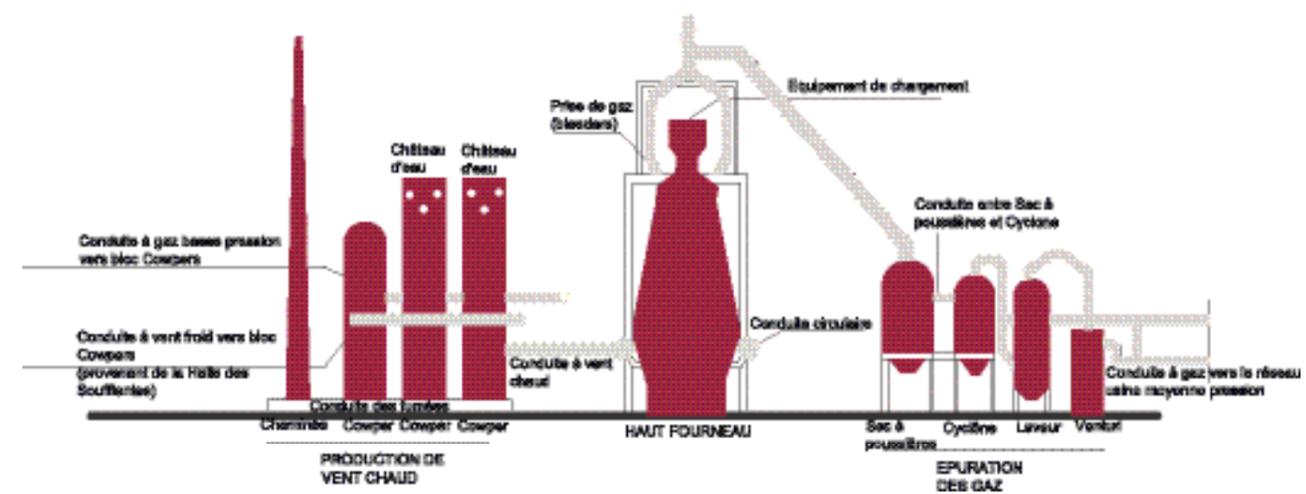
*Haut fourneau B  
élévation nord, 2004*

### Les principes de fonctionnement du haut fourneau

Le " haut fourneau " sert à la fabrication de la fonte à partir des minerais de fer. Il est composé de plusieurs éléments spécifiques:

- le haut fourneau proprement dit
- l'équipement de chargement
- l'ensemble de la manipulation de la fonte
- l'ensemble de la production du vent chaud
- l'ensemble de l'épuration des gaz
- le circuit de refroidissement
- la granulation
- des bâtiments et des installations secondaires

Le processus de fabrication de la fonte est une suite de réactions chimiques compliquées qui se déroulent simultanément et successivement et provoquent d'abord l'oxydation et ensuite la réduction des minerais de fer. Ce processus se passe dans le cœur du haut fourneau, une cuve sous pression qui peut avoir une hauteur de 30 à 40 mètres et un diamètre jusqu'à plus ou moins 10 mètres. Il est constitué d'un épais blindage métallique muré à l'in-

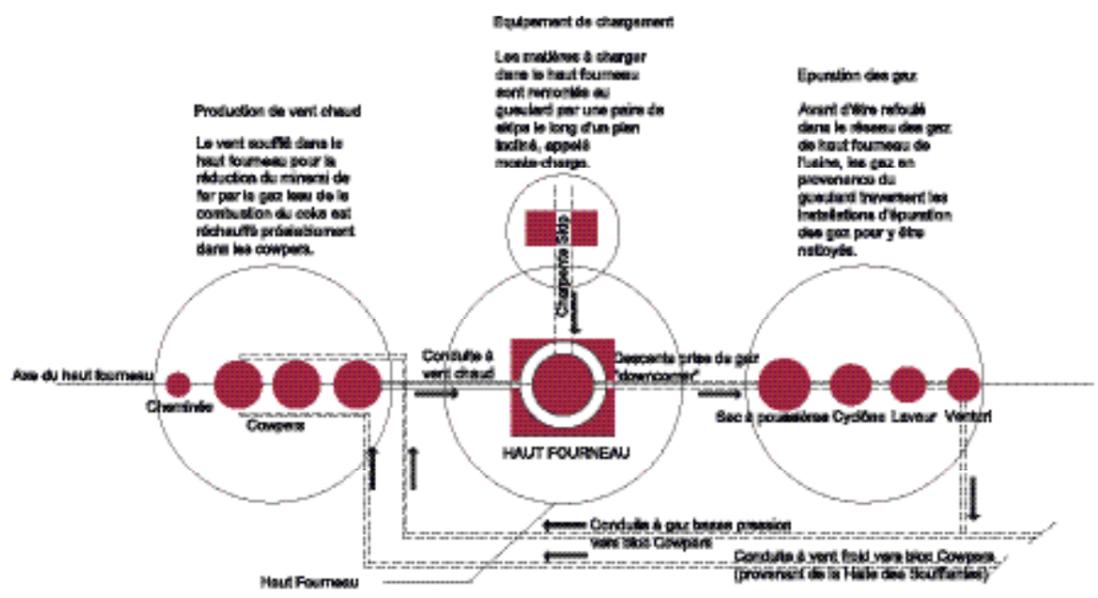


térieur de briques réfractaires d'une épaisseur d'environ un mètre. Le fond du haut fourneau est couvert de briques de carbone d'une épaisseur de plus de 2 mètres.

Le haut fourneau est chargé par le haut. L'équipement de chargement, une installation de transport sur plan incliné appelée " skip " transporte dans des chariots spéciaux la charge depuis le silo à minerai et coke appelé Möllerei où sont entreposés les matériaux de combustion, vers le gueulard situé à plus de 40 mètres de hauteur.

On introduit en couches successives un mélange constitué principalement de minerai et de coke. Le haut fourneau travaille sur le principe du contre courant, c'est-à-dire que les gaz chauds de combustion remontent à travers la colonne des matériaux de combustion alors que ceux-ci descendent au fur et à mesure que les oxydations et les réductions s'opèrent. Ce processus est continu. On distingue dans le haut fourneau, de haut en bas donc dans le sens du déplacement des matériaux, les phases de réactions suivantes : le séchage et le préchauffage des matériaux, la réduction indirecte, ensuite la réduction directe et finalement la fusion. L'accroissement des températures va dans le même sens.

À la fin de la combustion, les matériaux se scindent en deux éléments, d'une part le laitier et d'autre part la fonte. La fonte liquide a une température de 1350°C à 1450°C lors de la coulée. Le laitier quant à lui a une température située entre 1500°C et 1600°C.



Le haut fourneau est un réservoir sous pression. Les agglomérés et le coke sont entourés par le gaz. L'air chaud insufflé à la base provoque la combustion du coke (carbone presque pur). L'oxygène de carbone ainsi formé va "réduire" les oxydes de fer et libérer le fer. La chaleur dégagée par la combustion fait fondre le fer et gangue en une masse liquide où la gangue (résidu), de densité moindre, flotte sur un mélange à base de fer c'est-à-dire, appelé "fonte".

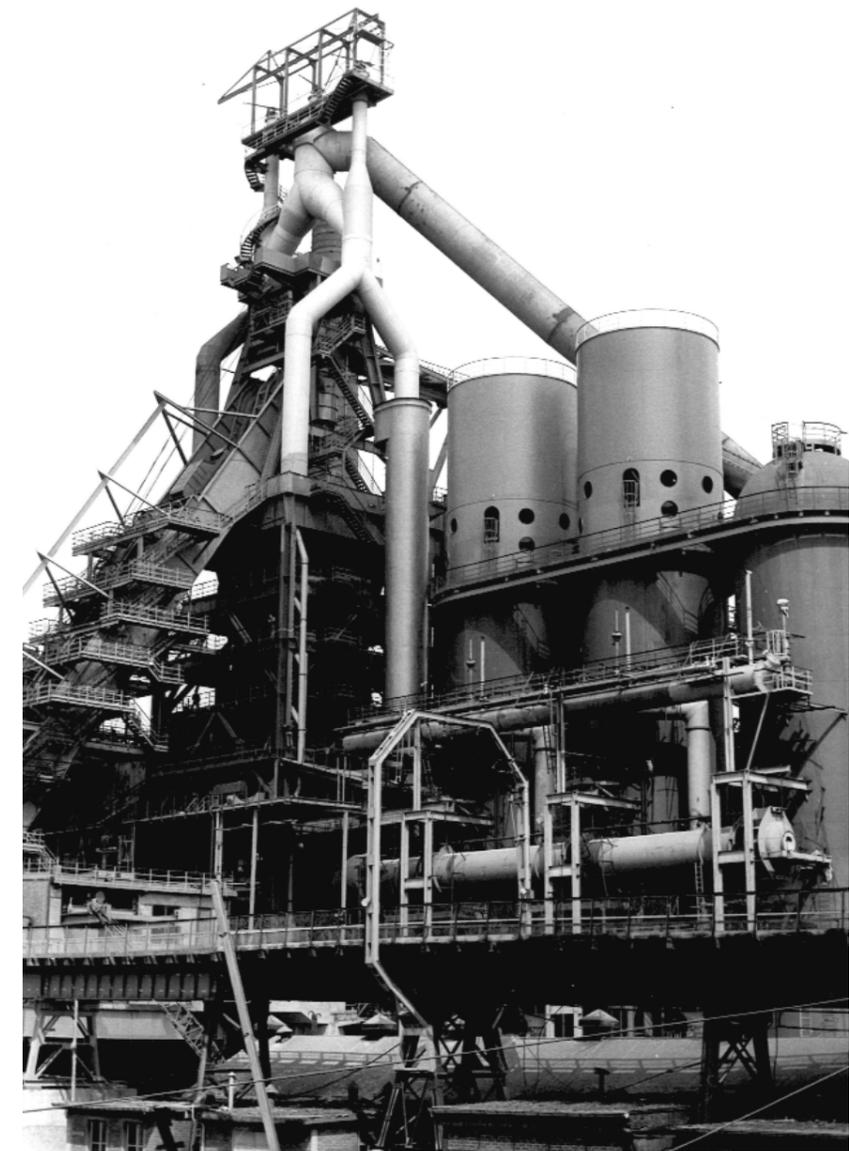
Schéma de fonctionnement du haut fourneau

Dans le haut fourneau, la fonte se sépare du laitier du fait des poids spécifiques différents. La fonte est évacuée du haut fourneau par le trou de coulée. Le trou de coulée est percé au moyen d'une foreuse spéciale pour être rebouché avec une masse spéciale après la coulée.

Les coulées ont lieu à intervalles réguliers. La fonte s'écoule d'un côté du creuset vers des grandes poches à fonte placées sous la halle des coulées et qui transportent la fonte vers l'aciérie. Le laitier s'écoule soit vers les bassins de granulation soit dans des cuves pour les évacuer vers les dépôts.

Pour atteindre les températures nécessaires, il est indispensable d'insuffler de l'air à grande vitesse pour apporter l'oxygène nécessaire à la combustion. Cet air est préchauffé dans les cowpers à une température de 1500°C, pour éviter le refroidissement du haut fourneau.

*Haut fourneau A en 1965, vue sur les cowpers et l'épuration des gaz*



*Haut fourneau A, vue côté ouest*

Les cowpers sont des cylindres d'une hauteur de 25 à 40 mètres pour un diamètre de 6 à 9 mètres. Ils sont au nombre de trois et fonctionnent en alternance d'après le principe de régénération. Les périodes de chauffe et de passage d'air durent environ 1 heure chacune. Pendant que le premier est en phase de chauffe, le second échange la chaleur à l'air qui le traverse.

L'échange de chaleur se produit dans un ruchage volumineux en briques réfractaires qui sont réchauffées à 1450°C. Après cette phase la température du cowper retombe à 1250°C. Le troisième cowper est en stand-by pour être mis en service en cas de panne d'un des cowpers en service.



© Photothèque de la Ville de Luxembourg

Le vent chaud en provenance des cowpers est amené vers le haut fourneau à travers la conduite de vent chaud pour être ensuite réparti sur le pourtour du blindage grâce à la circulaire à vent chaud. L'air circule à une vitesse qui peut atteindre dans les tuyères à l'entrée du haut fourneau quelques 150 mètres par seconde, c'est-à-dire environ 540 km par heure. La pression sur les réseaux des vents est assurée par turbines installées dans la halle des soufflantes.

Les gaz de combustion qui traversent le haut fourneau sont récupérés par les prises de gaz en haut du haut fourneau et réintroduits dans les circuits du processus. Avant d'être refoûlés dans le réseau gaz haut fourneau/usine, les gaz en provenance du gueulard traversent l'installation d'épuration des gaz pour y être nettoyés. Celle-ci est composée du sac à poussière, du cyclone, du laveur, et du venturi qui sont quatre systèmes d'épuration de gaz complémentaires. Une partie des gaz est utilisée pour le chauffage des cowpers alors que le reste est envoyé par un réseau vers l'usine pour son utilisation dans d'autres processus.

Le haut fourneau doit être constamment refroidi pour tenir les gradients de température dans le revêtement réfractaire suffisamment bas et freiner son érosion thermique et prolonger ainsi sa durée de vie. Les nombreux éléments qui doivent être refroidis sur le haut fourneau sont connectés pour la plupart à deux circuits d'eau de refroidissement. Les eaux de refroidissement circulent en circuit fermé. En fin de campagne, avant la coulée, un circuit de refroidissement ouvert (circuit de ruissellement) refroidissant la face extérieure du blindage vient suppléer le circuit de refroidissement fermé.

Les aéroréfrigérants du circuit fermé des eaux de refroidissement et les vannes sur les cowpers servent à refroidir l'eau réchauffée au retour du haut fourneau avant qu'elle ne soit à nouveau pompée vers le haut fourneau.

*La silhouette des hauts fourneaux A et B dans les années 60*

## 1. le haut fourneau

### 1.1 le haut fourneau

Le haut fourneau est une grande cuve cylindrique autoportante constituée d'un blindage métallique extérieur revêtu à l'intérieur de briques réfractaires. Sa hauteur est de l'ordre de 30 mètres. Il est posé sur un grand bloc de fondation carrée surélevée.

Le haut fourneau est un réacteur sous pression qui comporte plusieurs zones:

- le gueulard
- la cuve
- le ventre
- les étalages
- le creuset
- le sous-creuset



La coulée, l'écoulement de la fonte dans le gueusard

Le haut fourneau est alimenté par le haut. Le processus de fonte se déroule dans toute la hauteur de la cuve, jusqu'à l'état liquide dans le creuset. La fonte liquide s'écoule à travers le trou de coulée percé au bas du creuset du haut fourneau. Le laitier quant à lui est évacué à travers les trous à laitier situés à un niveau plus élevé que le trou de coulée. Le haut fourneau A a un volume total de 1.530 m<sup>3</sup> et le haut fourneaux B un volume total de 2.120 m<sup>3</sup> pour un diamètre de creuset de 9,20 mètres.

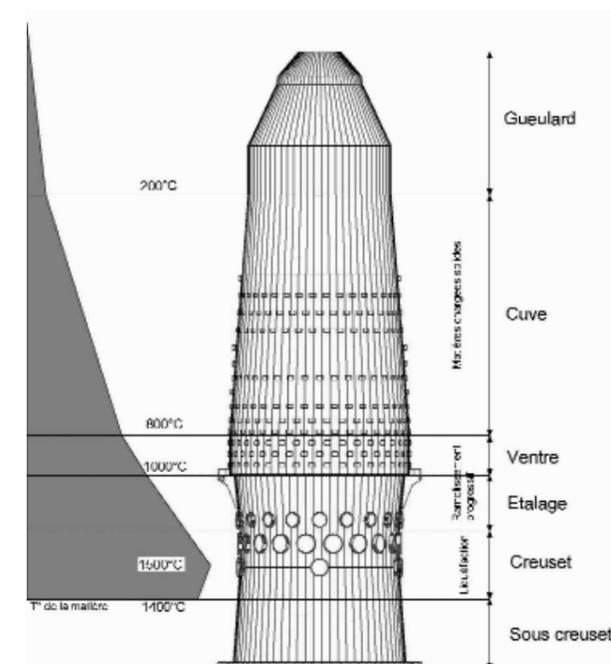
Le haut fourneau a un profil spécifique qui a été développé pour optimiser le processus de la réduction des matériaux.

Le gueulard est la partie supérieure du haut fourneau qui sert au chargement du haut fourneau. C'est un mécanisme compliqué qui permet de maintenir le haut fourneau sous pression.

La cuve est la partie la plus importante du haut fourneau. Le diamètre du haut fourneau A varie de 9,03 m à 11,37 m et pour le B de 9,73 m à 12,57 m . Les hauteurs respectives des cuves sont de 15,20 m et 15,95 m. Le ventre est la partie évasée du haut fourneau avec un diamètre de 11,30 mètres pour le haut fourneau A et de 12,50 m pour le haut fourneau B. Les étalages situés juste au-dessus du creuset, sont l'endroit où l'on insuffle l'air chaud pour activer la réduction des minerais et maintenir le haut fourneau sous pression.

Le creuset est la partie inférieure du haut fourneau, le lieu de la phase liquide de la réduction. Il a un diamètre de 8,00 m pour le haut fourneau A et de 9,20 m pour le haut fourneau B. Il comporte les trous de coulée de fonte a son niveau inférieur et les trous de laitier.

Le sous-creuset situé à la base du creuset est complètement garni de briques de carbone. Elles servent à contenir la fonte et à protéger la plaque de base du fond du haut fourneau.



Coupe verticale du haut fourneau avec gradients de températures



Blindage haut fourneau A, 1964

## 1.2 le blindage

Le blindage est l'enveloppe métallique extérieure du haut fourneau et comporte deux parties distinctes: le blindage du haut fourneau et le blindage du gueulard. Elle est étanche au gaz. Le blindage est autoportant et comporte le système de refroidissement du haut fourneau composé de boîtes de refroidissement, de staves et du channel cooling. Le blindage du haut fourneau s'étend de sa plaque de base au pied du haut fourneau jusqu'au niveau de chargement. La partie supérieure du blindage à partir du niveau de chargement jusqu'à l'anneau du gueulard s'appelle blindage gueulard.

**Dimensions:** épaisseur du blindage: 25 mm - 60 mm

## 1.3 les trous de coulée

Le haut fourneau comporte deux trous de coulée. Le trou de coulée est l'ouverture dans le blindage et la couche de réfractaire sous forme d'un chenal incliné servant à vider le haut fourneau de sa fonte. Il est situé au niveau inférieur du creuset. Cet orifice est percé à chaque coulée au moyen d'une foreuse spéciale et rebouché après écoulement de la fonte d'une masse spéciale à base de goudron et terre alumineuse. La fonte s'écoule par simple gravité.

Le trou de coulée auxiliaire situé à environ 2,00 mètres plus haut sert de sécurité en cas d'incidents sur le trou de coulée bas.

## 1.4 les trous à laitier

Les trous à laitier servent à l'évacuation de scories ou laitier de fonte qui en raison de leur poids spécifique se situent au-dessus de la fonte dans la phase liquide. Les trous à laitier se situent à environ 1,60 mètres au-dessus du trou de coulée. Le laitier est évacué en premier lieu. Le principe de fonctionnement est le même que pour l'écoulement de la fonte.

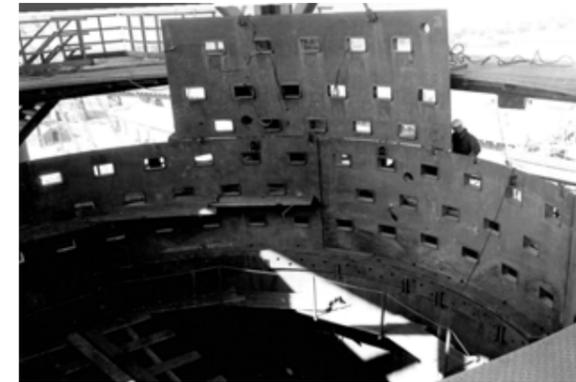
## 1.5 le refroidissement du haut fourneau

Le haut fourneau doit être constamment refroidi pour garder les gradients de température dans le revêtement réfractaire suffisamment bas et freiner ainsi son érosion thermique. Le système de refroidissement comporte deux réseaux. Le premier est constitué des boîtes de refroidissement soudées sur le blindage alimentées par de l'eau déminéralisée et traitée provenant du circuit fermé. Le second réseau est un circuit de refroidissement ouvert agissant par ruissellement et refroidissant la face extérieure du blindage et vient suppléer le circuit de refroidissement fermé. L'eau de refroidissement du haut fourneau circule en circuit fermé. Elle est refroidie au retour dans des aéro-réfrigérants et refoulée vers le haut fourneau à travers les pompes de circulation.

Les **boîtes** de refroidissement sont insérées dans l'épaisseur du revêtement réfractaire à l'intérieur du haut fourneau. Elles sont soit en cuivre, soit en acier coulé et formées pour garantir une parfaite circulation de l'eau. Elles sont fixées au blindage. Le haut fourneau A comporte 504 boîtes, le haut fourneau B 840 unités. Les boîtes sont alimentées par un système de tuyauteries situés à l'extérieur du blindage.

Les **staves** sont affectés à refroidir spécialement la zone de la marâtre (zone critique). Ils consistent en des blocs épais de forme rectangulaire en acier coulé parcourus par des serpentins dans lesquels circule l'eau de refroidissement du circuit fermé.

Dans la zone des étalages et du creuset le blindage est équipé à l'extérieur d'un double manteau appelé **channel cooling** dans lequel circule l'eau du circuit fermé et qui est subdivisé en compartiments de plus ou moins 1 m de largeur chacun et de plus de 3 m de hauteur.



Blindage, ouvertures pour boîtes de refroidissement, haut fourneau A, 1964



Circulaires avec tuyaux de refroidissement haut fourneau A



Circulaires avec flexibles et boîtes de refroidissement haut fourneau A

### 1.6. le revêtement intérieur du haut fourneau

#### 1.6.1 les blocs de carbone

Des blocs en carbone taillés sur mesure pour garantir leur parfaite cohésion sont disposés dans le sous-creuset. Ils servent à contenir la fonte et à protéger ainsi le blindage du sous-creuset et la plaque de base du fond du haut fourneau.

Le revêtement de carbone a une épaisseur de l'ordre de 2 m et remonte sur les parois jusqu'aux trous à laitier.

#### 1.6.2 le réfractaire

Le revêtement réfractaire sert à protéger le blindage métallique à la fois contre les températures élevées et contre l'usure par abrasion des matières descendant le long de la paroi intérieure. A partir du niveau du trou de coulée jusqu'au niveau du cou de la cuve le haut fourneau est briqueté avec des briques en réfractaire à base de chamotte. Tous les joints sont remplis avec une masse de remplissage.

Les mêmes briques en chamotte sont utilisées pour former 2 couches de protection horizontale sur le fond en carbone.

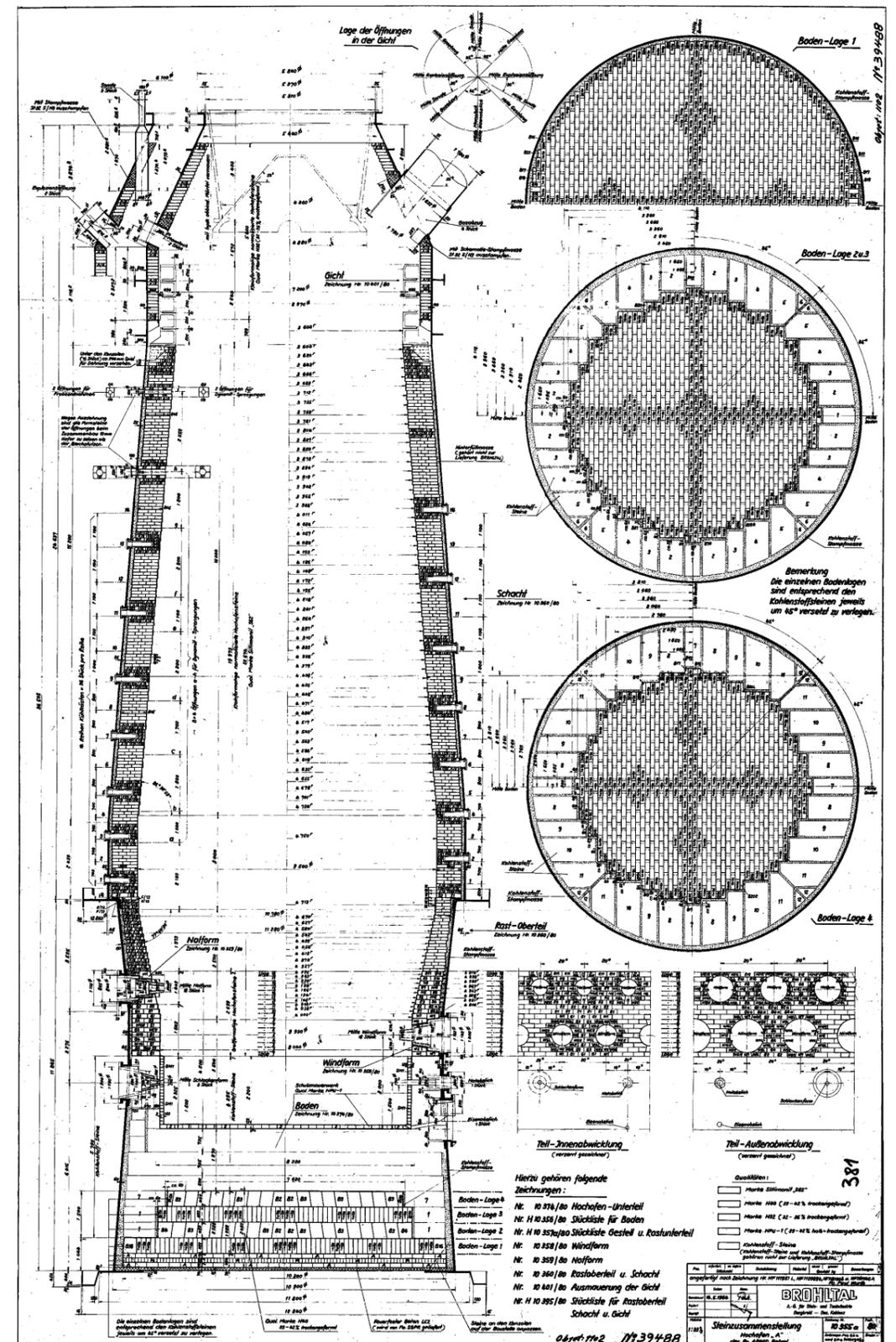


Pose des blocs en carbone haut fourneau A, 1964



Construction du réfractaire haut fourneau A, 1964

page suivante  
Plan original des briques réfractaires dessiné  
par la firme BROHLTAL  
Coupe longitudinale, haut fourneau A, 1964



381

## 1.7 le gueulard

Le gueulard a pour fonction d'enfourner et de distribuer les matériaux constitués de coke et de minerai dans le haut fourneau. Le haut fourneau doit être maintenu en permanence sous pression pour assurer une combustion parfaite des matériaux. La charge du haut fourneau doit donc être réalisée sans perte de pression.

La différence essentielle entre les deux hauts fourneaux de Belval réside dans la technologie de leur gueulard. Le haut fourneau A est équipé d'un gueulard à cloches tandis que le haut fourneau B est équipé d'un gueulard sans cloches. Le gueulard sans cloches a apporté une amélioration notable dans le processus de réduction des matières enfournées augmentant ainsi la productivité du haut fourneau.

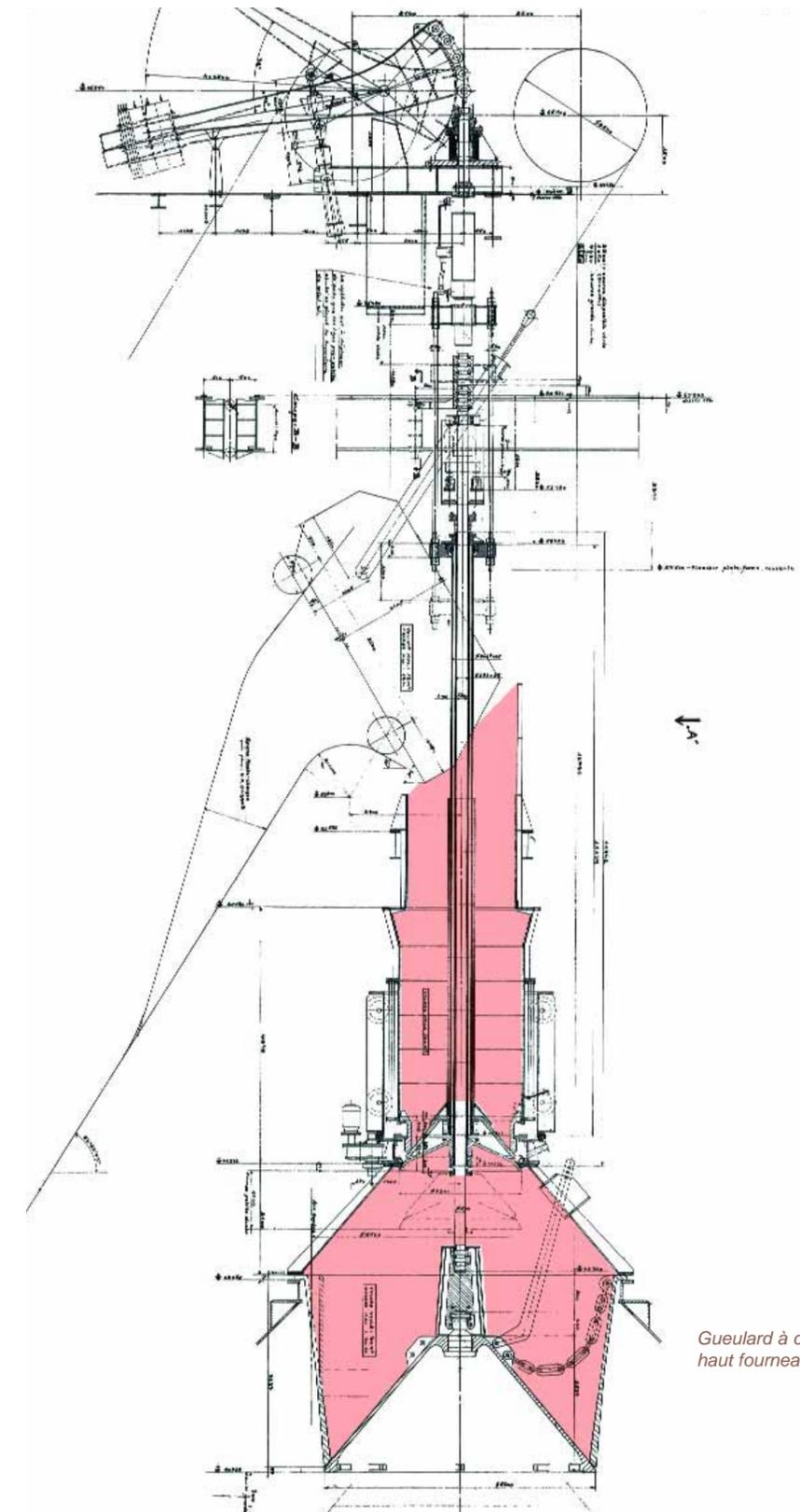
**Le gueulard à cloches du haut fourneau A** est constitué d'un équipement de chargement, d'un équipement de distribution et d'un sas qui est mis sous pression.

Les matières ferrifères sont chargées à travers la trémie de recette, réparties sur la petite cloche par le distributeur Mc Kee et ensuite stockées dans le sas avant d'être enfournées dans le haut fourneau.

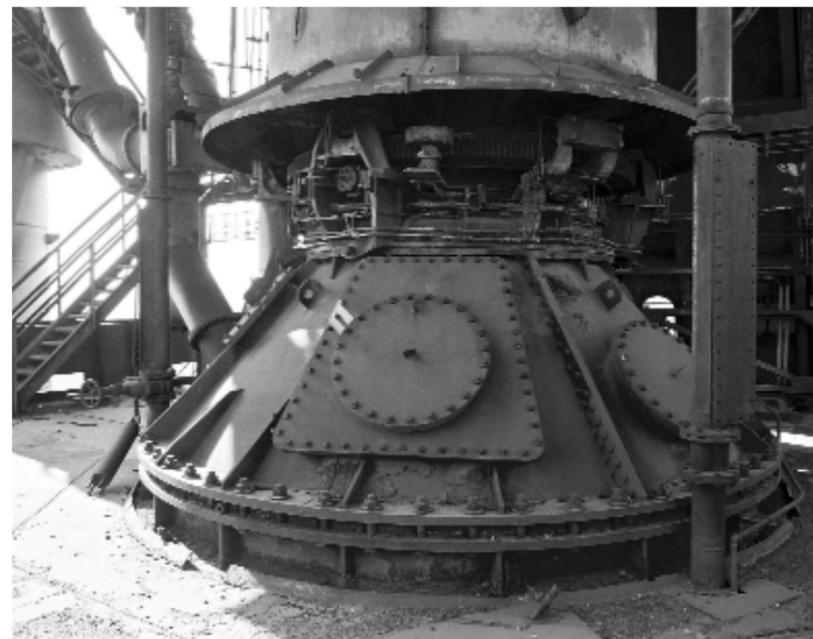
Le sas est constitué d'une trémie surmontée d'un couvercle conique, fermée en haut et en bas par des cloches. Après la mise sous pression du sas, la grande cloche, en descendant, déverse la charge dans le haut fourneau.

La pression du gueulard est de 1.5 bar et sa capacité de 60 m<sup>3</sup>.

*Gueulard à cloches haut fourneau A*



*Gueulard à cloches, coupe haut fourneau A, 1969*



**Le gueulard sans cloches du haut fourneau B**

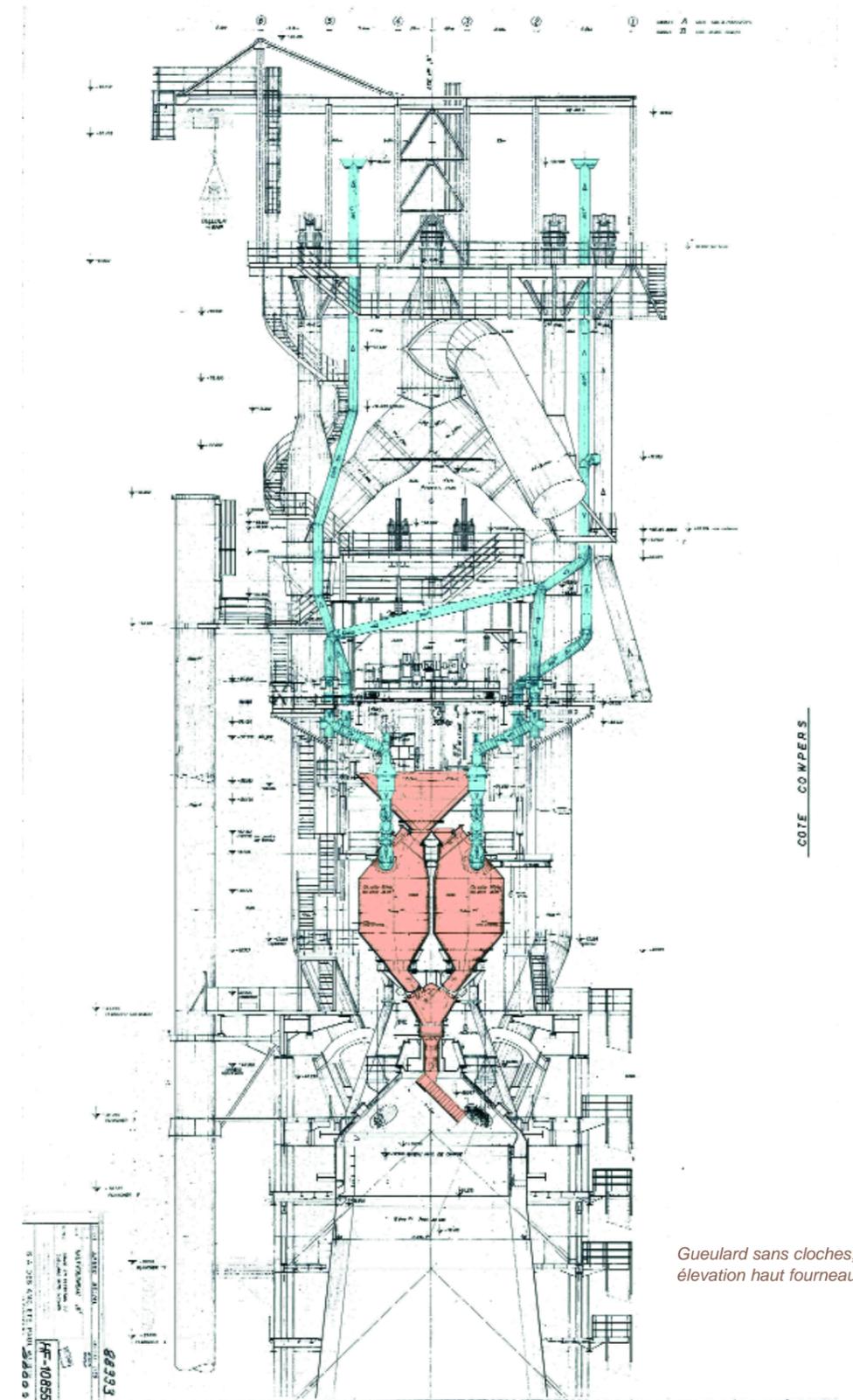
Le gueulard sans cloches est constitué d'une trémie de recette, de deux silos et d'un équipement de distribution. La charge introduite par la trémie est stockée alternativement dans les silos qui sont mis sous pression. Ensuite la charge est versée successivement dans le haut fourneau moyennant la goutte de distribution.

Le gueulard sans cloches a permis d'accélérer la cadence de chargement et d'améliorer la distribution des matières ferrifères dans la cuve. Cette technologie de chargement augmente le rendement du haut fourneau.

La pression du gueulard est de 1,5 bar, sa capacité de 72 m<sup>3</sup>.



*Gueulard sans cloches, prototype*



*Gueulard sans cloches, élévation haut fourneau B, 1974*



Construction des cowpers  
haut fourneau A, 1964

page suivante,  
Construction de la tour carrée et  
de la tour des cloches  
du haut fourneau A en 1964

### 2.1 la tour carrée

La structure principale du haut fourneau est la tour carrée. C'est l'ensemble des charpentes posées sur 4 colonnes placées en carré autour du blindage du haut fourneau sur toute la hauteur de ce dernier jusqu'au niveau de sa partie supérieure, le gueulard. La tour carrée permet d'accéder à tous les niveaux autour du haut fourneau et comprend notamment tous les planchers et plateformes aux différents niveaux, ainsi que les escaliers pour y accéder. La tour carrée s'appuie sur le bloc des fondations du haut fourneau.

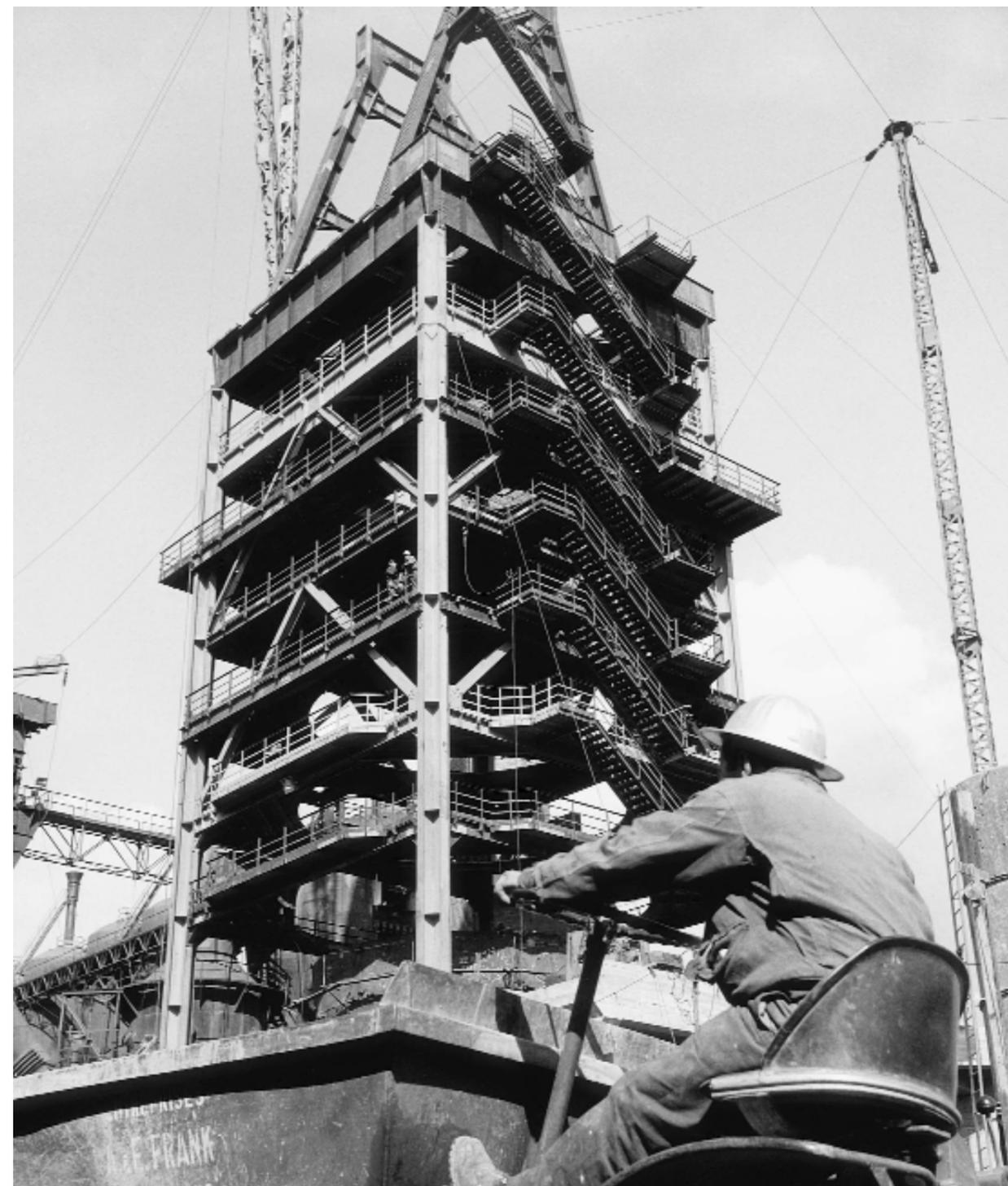
### 2.2 la tour gueulard

La tour gueulard, dans le cas d'un gueulard à cloches encore désignée par tour des cloches, regroupe les charpentes entourant le gueulard sur toute la hauteur de ce dernier entre l'anneau gueulard et le chemin de roulement du pont servant au démontage du gueulard. Elle permet d'accéder à tous les niveaux autour des équipements du gueulard et comprend notamment tous les planchers et plates-formes aux différents niveaux, ainsi que les escaliers pour y accéder. La tour gueulard s'appuie sur les 4 colonnes de la tour carrée.

### 2.3 les planchers, escaliers, ascenseur

La tour carrée et la tour gueulard servent de support aux différents planchers qui permettent d'accéder à tous les équipements du haut fourneau. Les planchers de travail sont accessibles par un réseau d'escaliers donnant accès à tous les niveaux. Les planchers sont réalisés en tôles perforées et caillebotis.

## 2. la structure



### 3. la halle des coulées



*Machine à forer le trou à laitier*

#### 3.1 la halle de coulée

La halle de coulée abrite le plancher de coulée, la fosse à fonte ainsi que les silos à sable. La halle de coulée est desservie par le Highway.

La halle sert surtout à abriter les opérations de coulée des intempéries. Elle a une surface couverte de 1.900 m<sup>2</sup> pour le haut fourneau A et de 1.400 m<sup>2</sup> pour le haut fourneau B. Les deux halles sont protégées sur les 2 parois latérales et sur celle du pignon par un bardage. La toiture comporte un lanterneau pour évacuer les fumerolles, l'air chaud et poussiéreux et les vapeurs dégagées par les hauts fourneaux. Elle est équipée d'un pont roulant puissant (capacité de 25 t) pour soulever notamment les équipements lourds du plancher de coulée, et pour vider, le cas échéant, la fosse à fonte.

#### 3.2. le plancher de coulée

Le plancher de coulée est le lieu de travail principal des fondeurs. Ce plancher se situe au niveau du trou de coulée. La fonte séparée du laitier résiduel est ensuite évacuée à travers les rigoles à fonte vers les poches à fonte à l'aide desquelles elle est transportée vers l'aciérie. Le laitier est, soit évacué à travers les rigoles à laitier vers les cuves à laitier, soit granulé moyennant la tête de granulation pour se déverser par la suite dans le bassin de décanation du laitier granulé. Le plancher est constitué d'une épaisse dalle en béton qui repose sur une construction métallique sous laquelle circulent les trains qui déplacent les poches à fonte et les cuves à laitier.

#### 3.3 la fosse à fonte et les silos à sable

La fosse à fonte (sèche) sert en cas d'urgence à recevoir la fonte liquide lorsqu'elle ne peut pas être évacuée par l'acheminement normal avec les poches à fonte. Les silos à sables servent à stocker, à l'abri de l'humidité, du sable jaune nécessaire pour la fabrication des routes de coulée de la fonte et du laitier.



*La halle de coulée du haut fourneau A lors de sa construction, 1964*

#### 4.1 le réseau des vents

Le réseau des vents utilisé par les hauts fourneaux A et B peut être divisé en circuit de vent froid et en circuit de vent chaud.

Le vent froid, provenant des turbines de la halle des soufflantes, est amené vers les cowpers du haut fourneau A et du haut fourneau B par une conduite soudée d'un diamètre de 1,40 m posée sur une charpente métallique. Le vent est comprimé à une pression de 3,0 bars et à une température de l'ordre de 120°C à 140°C.

Le vent froid est transformé dans les cowpers en vent chaud de soufflage.

A la sortie des cowpers le vent chaud possède une température de 1 500°C et a une pression de 3,0 bars. En traversant la chambre de mélange et une conduite d'un diamètre de 2,10 m, le vent chaud se dirige vers la conduite circulaire qui entoure le blindage du haut fourneau et qui distribue le vent chaud à travers les tuyères dans le haut fourneau.

La conduite à vent chaud et la conduite circulaire sont protégées à l'intérieur par un revêtement réfractaire d'une épaisseur de 0,45 m.

La chambre de mélange est l'endroit où la température du vent de soufflage est réglée moyennant une conduite secondaire, dite à vent froid de mélange. La conduite de mélange est un piquage provenant de la conduite à vent froid.



*Cowpers en construction, haut fourneau A, 1965*

## 4. le circuit des vents

### 4.2 les cowpers

Les cowpers servent à la production du vent chaud. Ce sont des cylindres d'une hauteur de 37 m pour un diamètre de 8,70 à 9,30 m. Ils sont au nombre de trois et fonctionnent en alternance suivant le principe de régénération. Les périodes de chauffe et de passage de vent durent environ 1 heure chacune. Pendant que le premier est en phase de chauffe, le second échange la chaleur au vent provenant des turbines de la halle des soufflantes qui le traverse.

L'échange de chaleur se produit dans un ruchage volumineux en briques réfractaires réchauffées à 1450°C. Après cette phase la température du cowper retombe à 1250°C. Le troisième cowper est en stand by pour être mis en service en cas de panne d'un des cowpers en service.

La hauteur des cowpers est, par ailleurs, utilisée pour implanter des châteaux d'eau, chacun d'une capacité de 400 m<sup>3</sup> et deux pour chaque haut fourneau, pour maintenir une certaine pression hydrostatique sur les circuits d'eau tout en disposant d'une réserve pour les circuits des eaux de ruissellement et les circuits des eaux de lavage de l'épuration humide.

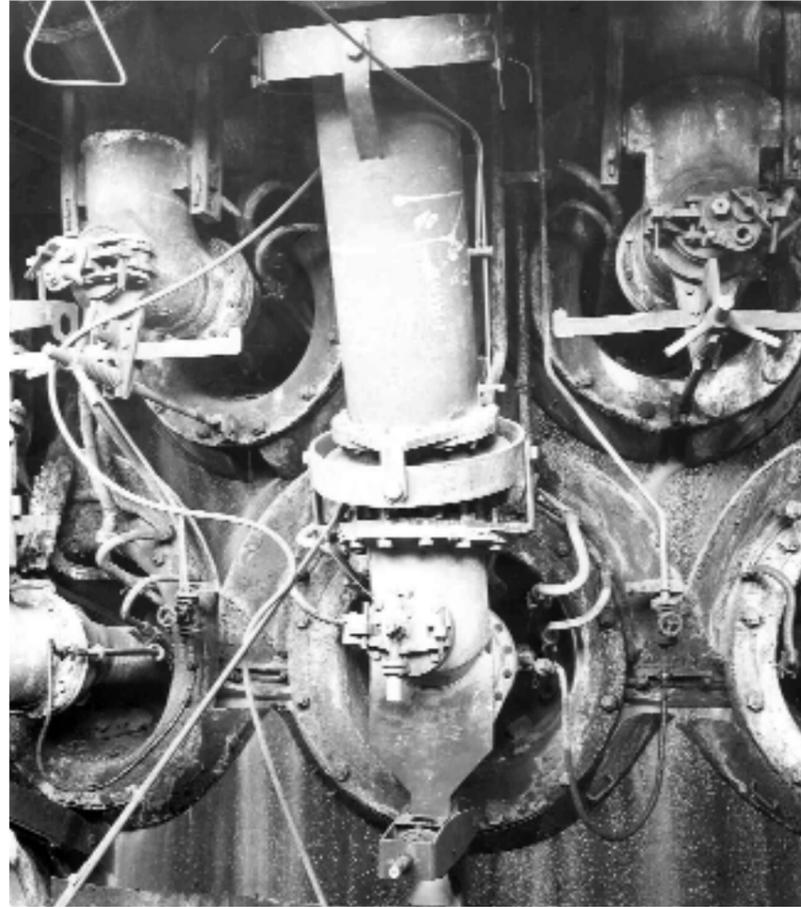
La cheminée des cowpers sert à rejeter les fumées ayant servi au réchauffement des cowpers et provenant de la combustion du gaz de haut fourneau.



*Cowper, ruchage*



*Cowpers, dômes  
haut fourneau A, 1965*



Porte-vent

### 4.3 le dispositif de soufflage

Le dispositif de soufflage est un élément important de l'installation du haut fourneau. Il est composé de trois éléments principaux : la conduite circulaire, la conduite d'évent et les équipements de soufflage.

**La conduite circulaire** sert à répartir le vent chaud en provenance des cowpers sur le pourtour du haut fourneau. Elle est garnie d'une double couche de briques réfractaires d'une épaisseur de 0,45 m pour protéger sa surface métallique contre les températures élevées du vent chaud. La conduite circulaire comporte un départ pour la conduite d'évent, 18 départs pour le haut fourneau A et 20 départs pour le haut fourneau B pour les tuyères principales et 18 respectivement 20 départs pour les tuyères auxiliaires.

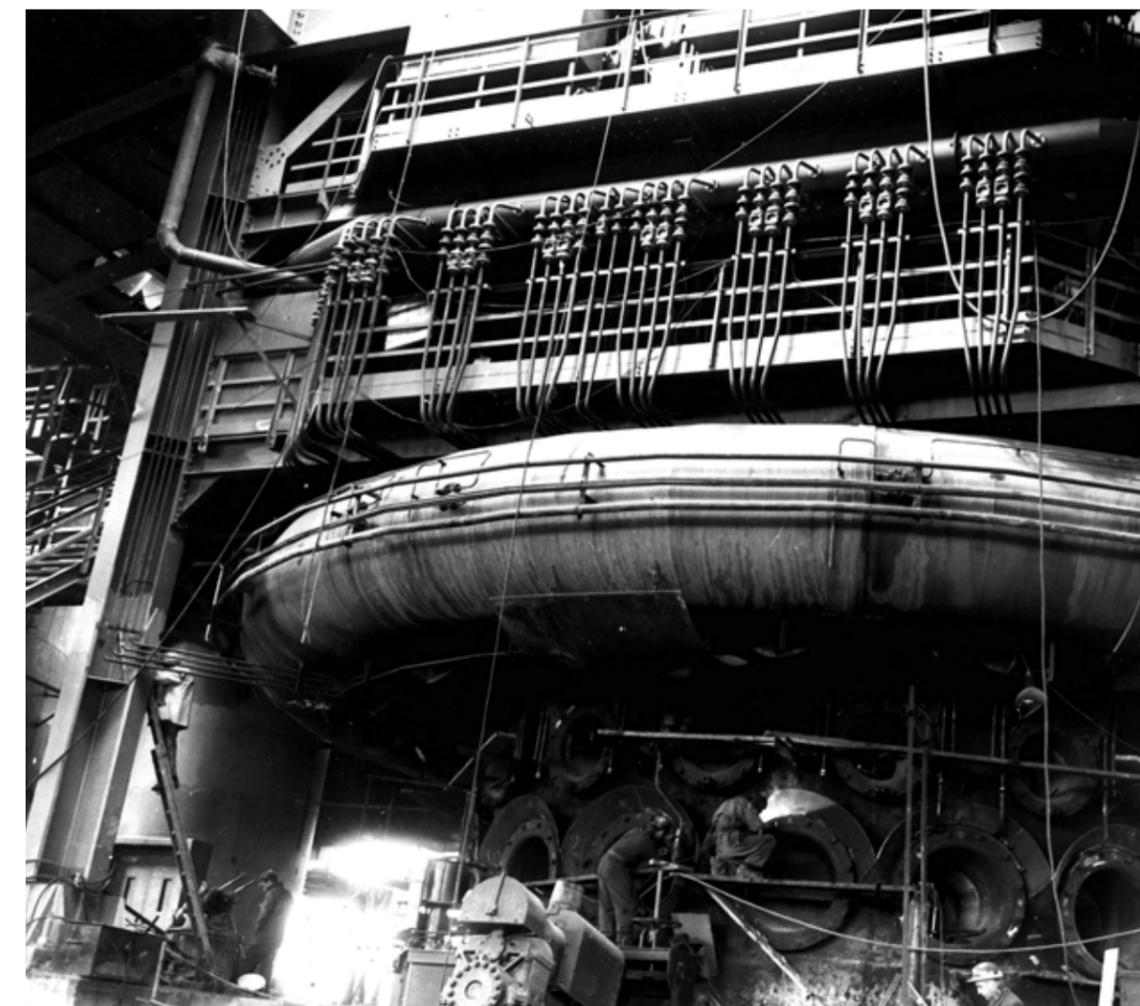
**La conduite d'évent** part de la conduite circulaire et sert à évacuer en cas de crise le vent chaud à l'air libre. Elle sert, d'une part, comme une mise à l'air lors d'une explosion éventuelle, et, d'autre part, elle sert également en cas d'accrochage de la charge dans la cuve du haut fourneau à assurer une chute rapide de la pression de vent chaud dans la conduite circulaire. La conduite d'évent assure par ailleurs, durant la phase d'arrêt et du démarrage du haut fourneau, la régularisation de la pression intérieure du système.

La conduite circulaire comporte un certain nombre de départs du vent chaud qui est injecté à travers des ouvertures dans le blindage dans le haut fourneau. Chaque départ sur la circulaire comporte un **équipement de soufflage** composé d'un porte-vent, d'une tuyère et d'une tympe.

L'ouverture dans le blindage est renforcée et comporte une chapelle. La tympe en cuivre sert à positionner une tuyère à l'intérieur du haut fourneau à travers laquelle le vent chaud est injecté à grande vitesse dans la charge. Le porte-vent sert à transporter le vent chaud entre le départ sur la circulaire à vent chaud et la tuyère. Il est conçu pour pouvoir compenser les dilatations thermiques différentielles entre la circulaire et la tuyère.

Les hauts fourneaux de Belval-Ouest étaient chargés à plus de 70% par des agglomérés à faible teneur en fer provenant de la minette. Pour augmenter le rendement des hauts fourneaux, un système auxiliaire (un pour chaque haut fourneau) de tuyères a été créé. L'équipement de soufflage auxiliaire est situé au-dessus de l'équipement principal et il se distingue de ce dernier par une taille plus réduite.

Circulaire haut fourneau A, 1964



## 5. le circuit des gaz

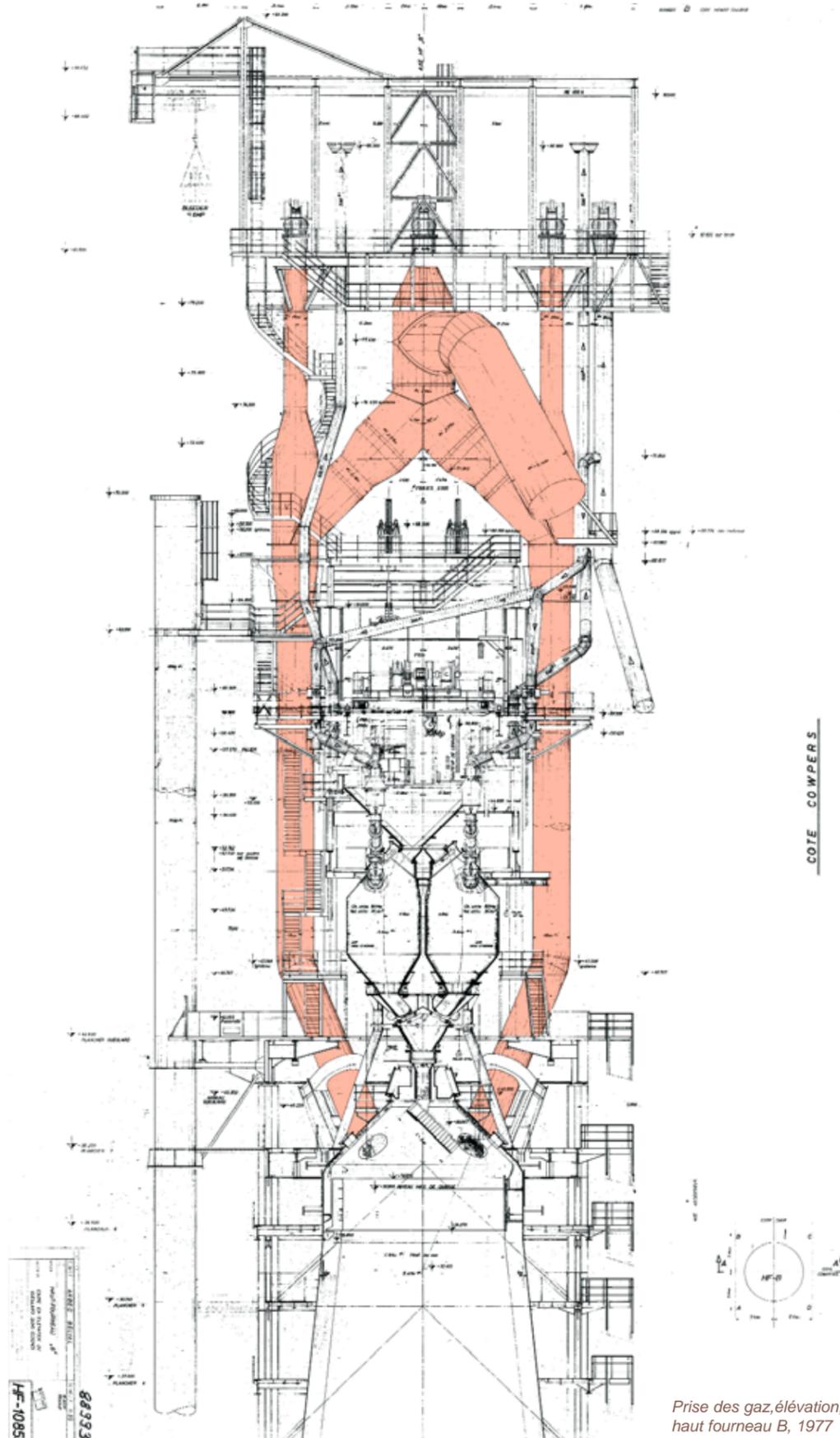
### 5.1 les prises de gaz

Le gaz produit par la combustion du coke et la réduction du minerai de fer dans le haut fourneau est capté à 4 endroits sur le pourtour du blindage du gueulard dans les tuyaux de prises de gaz qui se réunissent en un seul tuyau, souvent désigné par "downcomer" ou tuyau de descente, qui descend vers le dôme du sac à poussières. Les tuyauteries de la prise de gaz sont autoportantes et s'appuient, d'une part, sur le blindage du gueulard et, d'autre part, sur la construction du sac à poussières.

La prise de gaz comporte un dispositif de sécurité. Les clapets d'explosion appelés bleeders et les mini-bleeders, situés au point le plus élevé du haut fourneau ont pour fonction de limiter la pression dans le haut fourneau en s'ouvrant en cas de surpression pendant la marche du haut fourneau.

La prise de gaz confère aux hauts fourneaux leurs silhouettes caractéristiques.

*Prise des gaz, haut fourneau B*



*Prise des gaz, élévation, haut fourneau B, 1977*



Vue sur l'épuration des gaz du haut fourneau A  
(sac à poussières, cyclone, laveur, venturi)

## 5.2 l'épuration des gaz

Les gaz de hauts fourneaux sont des gaz chargés de poussières et d'impuretés qui les rendent quasi inutilisables. Pour exploiter cette source d'énergie appréciable il est indispensable de purifier les gaz. L'épuration des gaz comporte deux étapes principales, la première sèche et la seconde humide, prises en charge par des équipements spécifiques. L'épuration sèche se produit dans le sac à poussières et le cyclone, suivie par l'épuration humide accomplie dans le laveur et le venturi.

### Le sac à poussières

Le sac à poussières est un grand récipient de plus de 1.000 m<sup>3</sup> de volume sous pression. C'est le premier vaisseau de l'épuration sèche des gaz. Le gaz qui y entre à grande vitesse est brusquement freiné et dévié à 180° provoquant le dépôt des particules lourdes contenues dans les gaz.

### Le cyclone

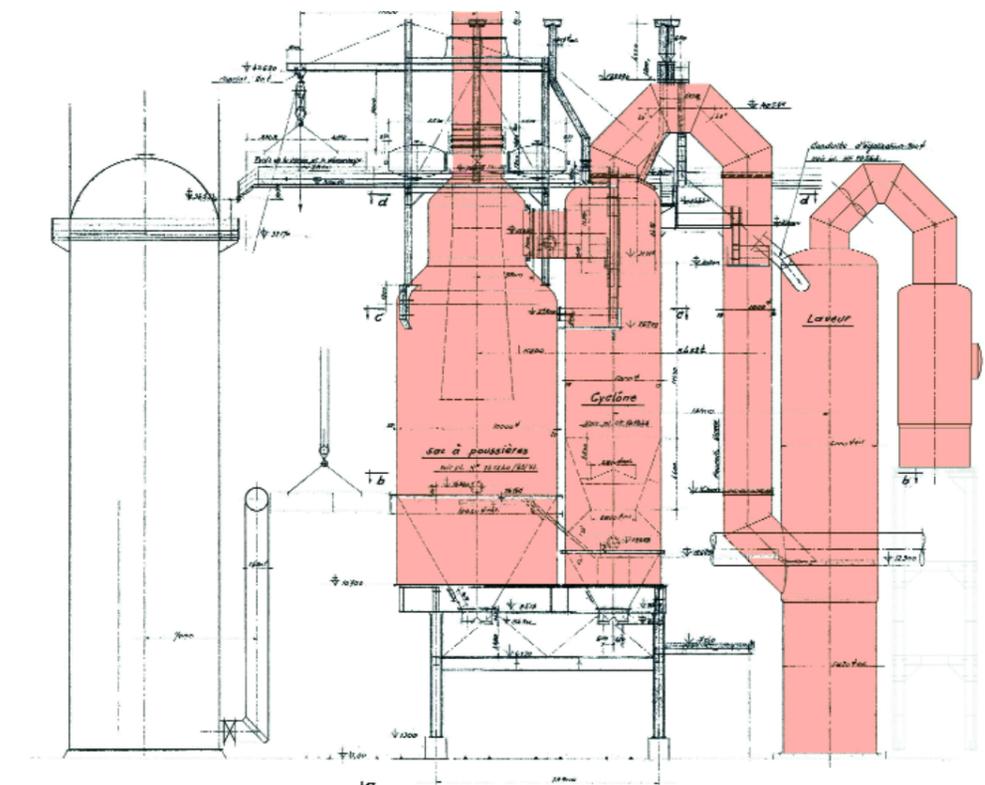
Le cyclone se compose de 2 chambres cylindriques coaxiales de 6 000 mm de diamètre chacune dans lesquelles le gaz pénètre tangentiellement à grande vitesse. Les particules poussiéreuses résiduelles se déposent alors au fond du réservoir sous l'effet de la force centrifuge.

### Le laveur

Les particules de poussières de faible diamètre subsistant encore dans le gaz de haut fourneau après l'épuration sèche sont précipitées dans l'installation d'épuration humide. Le laveur est l'étape primaire de l'épuration humide dans laquelle le gaz circulant est arrosé à l'aide de gicleurs, l'eau fixant ainsi les particules de poussières pour les rendre plus lourdes et les précipiter dans le fond du laveur.

### Le venturi

Dans la deuxième étape de l'épuration humide des gaz, le venturi (quelques fois encore désigné par laveur-venturi) remplit une double fonction: d'une part, le gaz considérablement accéléré lors du passage du col du venturi cède les particules résiduelles de poussières au film d'eau circulant le long des parois, et d'autre part, la pression du gaz est réglée par le positionnement de l'obturateur du venturi.



Epuration des gaz, élévation, haut fourneau B

### 5.3 le réseau de gaz

Le gaz produit par les hauts fourneaux est capté dans un réseau et réutilisé dans les diverses étapes de la production d'acier (préparation de la charge, cowpers, aciéries et laminiers). Ce réseau est réparti en deux sous-réseaux: la basse pression et la moyenne pression. Le gaz du réseau basse pression était utilisé dans diverses installations du complexe de Belval. Le gaz du réseau moyenne pression était acheminé vers les usines de Schiffange et de Differdange.



Hauts fourneaux A et B, vue nord-ouest



Torche à basse pression

### 5.4 les torches

Afin de régler la pression de service dans le réseau (BP = 40 mbar, MP = 400 mbar), l'excédant de gaz du réseau était brûlé dans deux torches.

La torche basse pression est montée sur un piquage vertical dans le collecteur à gaz usine à hauteur des bâtiments abritant les soufflantes resp. les ateliers et les vestiaires du haut fourneau B. Sa partie supérieure, située au niveau 50.000 est coiffée de deux têtes équipées chacune d'un brûleur, d'un allumage automatique et d'un dispositif de surveillance de la flamme.

La torche moyenne pression située vis-à-vis du haut fourneau C, d'une hauteur de 50 m, est constituée de trois têtes avec le même équipement que celui de la torchère basse pression.

## 6. l'équipement de charge

### 6.1 le monte-charge

Le monte-charge est un élément essentiel d'une installation de haut fourneau et contribue dans une large mesure à sa silhouette. Il sert à transporter la charge à partir de la fosse à skips située dans le bâtiment de la préparation de la charge, la Möllerei, vers le gueulard où elle est enfourcée dans le haut fourneau.

Le monte-charge constitue une grande structure inclinée qui s'appuie en bas sur des fondations en béton et en haut sur la tour carrée du haut fourneau. La charpente du monte-charge sert de chemin de roulement aux skips de chargement. Afin d'empêcher les chutes de matières vers le sol de l'usine, cette structure est fermée des deux côtés sur toute la longueur.

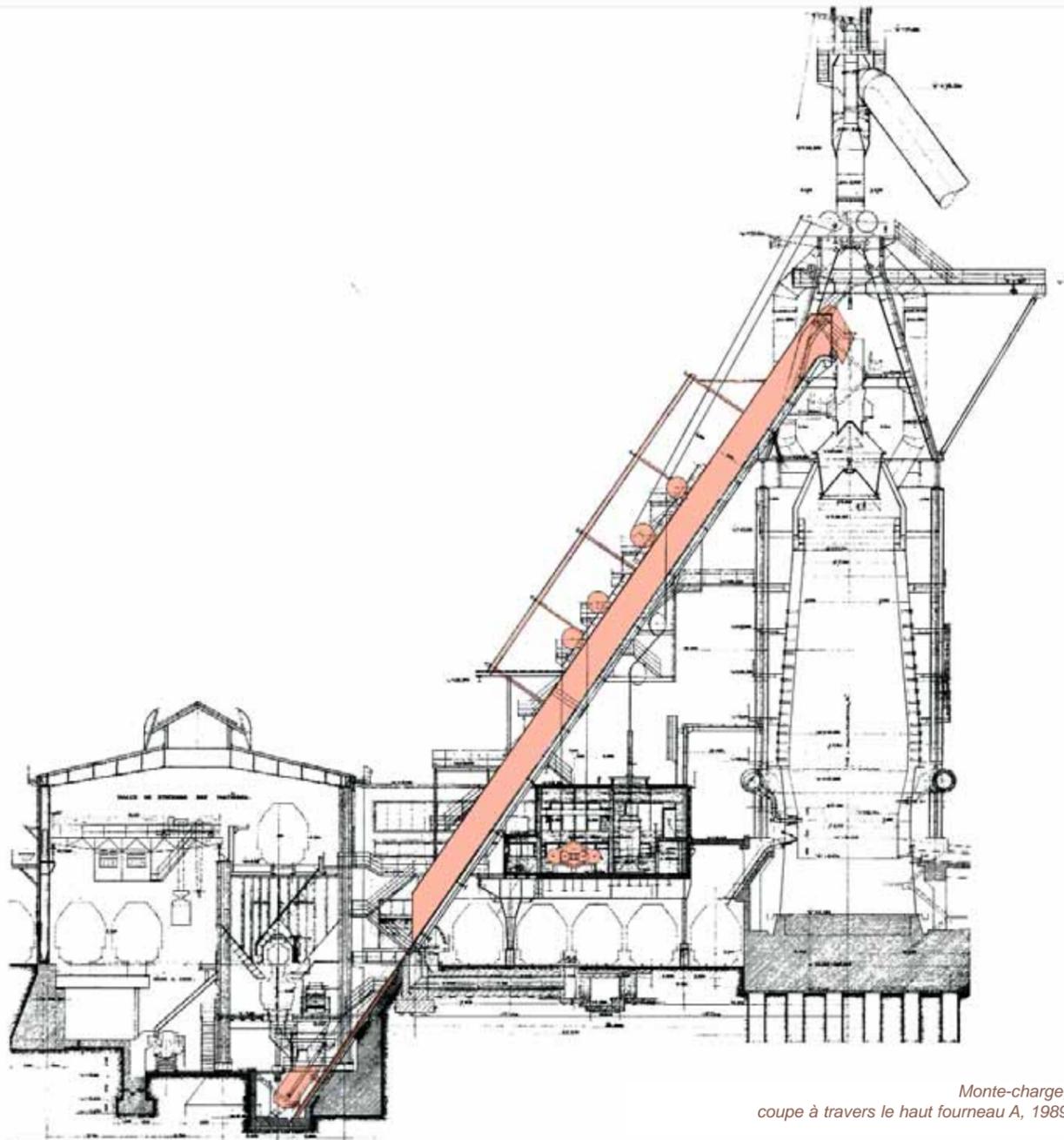
Les skips sont tirés au moyen d'un treuil à câbles avec poulie de renvoi équipé d'un moteur très puissant, ainsi que d'un frein et de tous les équipements de contrôle nécessaires.

### 6.2 les skips

Les skips sont des bennes de transport pour les matériaux des charges. Le monte-charge comporte deux skips tractés en couple. Chaque chariot skip a une capacité utile de 8 m<sup>3</sup> et consiste en un caisson métallique monté sur 4 gallets de roulement.

Les skips comportent chacun un attelage fixé sur les 2 côtés extérieurs aux galets arrières et qui est tiré par le câble commun aux 2 skips.

*Monte-charge du haut fourneau A en construction*



*Monte-charge, coupe à travers le haut fourneau A, 1989*

## 7. la möllerei

### 7.1 la préparation de la charge

La charge qui est un mélange de matières ferrifères et de coke est préparée dans un grand immeuble, la Möllerei, comportant des silos à coke et des silos à minerai ainsi qu'une installation pour effectuer le mélange des éléments. La Möllerei a été utilisée à cette fin jusqu'à la mise en service de l'agglomération.

Les matières ferrifères sont stockées pour les hauts fourneaux A et B dans des silos d'une capacité totale de 5.800 m<sup>3</sup>. Le stockage du coke, utilisé comme combustible, se fait dans des silos d'une capacité de 6.500 m<sup>3</sup>. Les silos sont desservis par un pont ferroviaire.

Les matériaux sont transportés par des tapis roulants vers le cribleur qui assure le mélange et le calibrage de la charge. Après le criblage, la charge est déversée dans les skips.

*Möllerei, fosse à skip, 1964*



### 7.2 les silos à charbon pulvérisé

Le coke, produit assez rare et cher, constitue la majeure partie du prix de revient de la fonte. Pour diminuer les quantités de coke utilisées, il a partiellement été remplacé par du charbon pulvérisé bon marché et à approvisionnement facile.

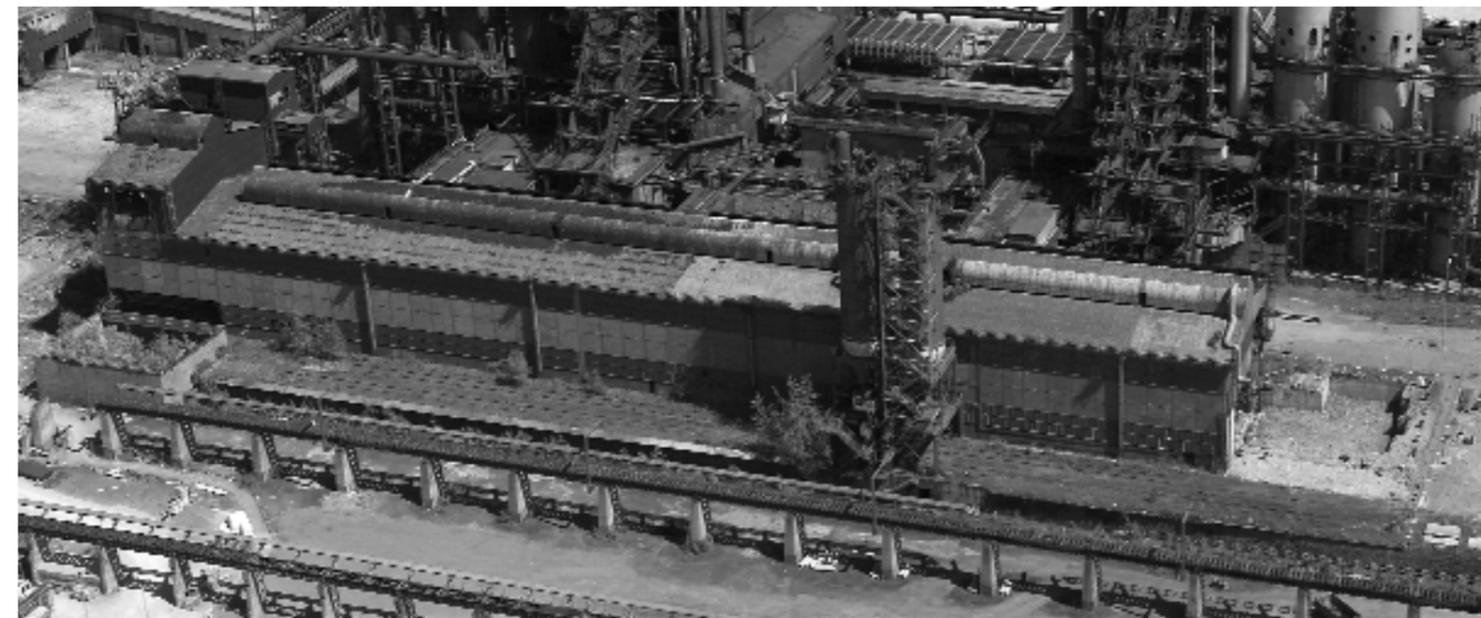
L'installation d'injection de charbon pulvérisé comprend 2 silos de stockage avec tubage pour transport pneumatique des matières vers le silo intermédiaire.

En dessous du silo intermédiaire se situe le silo de distribution.



*Silos à charbon pulvérisé*

*Möllerei, vue aérienne*



## 8. la production de laitier

### 8.1 la granulation

Les hauts fourneaux comportent chacun 2 bassins de granulation réunis sur un bloc en béton armé situé entre les 2 hauts fourneaux. Les deux bassins du haut fourneau A ont chacun une capacité de 480 m<sup>3</sup> et une surface de filtration de 120 m<sup>2</sup> alors que les bassins du haut fourneau B ont chacun une capacité de 620 m<sup>3</sup> et une surface de filtration de 154 m<sup>2</sup>. La profondeur utile des bassins est de 4 m.

L'eau de granulation filtrée dans les lits filtrants est recueillie dans deux grands réservoirs à eau situés en-dessous des bassins de granulation de 1.100 m<sup>3</sup>.

Le laitier granulé et décanté est évacué par les grappins via les bandes transporteuses soit vers la batterie de 6 silos de stockage situés au-dessus des voies ferrées à côté de la Möllerei, soit vers les silos de stockage pour évacuation par camion, près des aéroréfrigérants.

### 8.2. les silos de stockage du laitier

Le laitier granulé, transporté par des bandes transporteuses à partir des bassins de granulation, est stocké dans deux silos temporaires. Le premier silo situé entre la Möllerei et les hauts fourneaux dessert le transport ferroviaire alors que le second situé devant les hauts fourneaux est destiné au transport par camions.

La capacité totale des silos est de 1.200 m<sup>3</sup>.

*Tête de granulation  
Evacuation du laitier chaud dans le bassin de granulation*



*Silos de stockage du laitier pour  
évacuation par camions*



*Silos de stockage du laitier  
au-dessus des voies ferrées*



## 9. les infrastructures annexes

### 9.1 le highway et les rampes d'accès

Le "Highway" est un chemin élevé de distribution entre les hauts fourneaux à une hauteur de 7 à 8 m du niveau usine. Cette voie carrossable accessible par deux rampes dessert principalement les halles des coulées des deux hauts fourneaux.

Le Highway a une longueur totale de 538 m et une largeur carrossable de 6,20 m.



*Highway, vue sud*

### 9.2. la centrale électrique

Les équipements électriques des hauts fourneaux sont concentrés dans deux (un par haut fourneau) bâtiments électriques regroupant sur plusieurs niveaux les transformateurs, les armoires à contacteurs, les équipements de mesure et de régularisation, ainsi que la salle de contrôle avec les tableaux synoptiques et pupitres de commande.



*Bâtiment électrique, haut fourneau A, 1965*

### 9.3 le halle de fabrication de la masse à boucher

Le halle de fabrication de la masse de bouchage est situé près du haut fourneau A et longe la rampe menant au passage surélevé. Il a abrité les divers équipements servant à la fabrication de la masse de bouchage du trou de coulée, appelée encore masse noire (à base de goudron). Sur son prolongement latéral couvert de 6 m, le hall comporte à l'extérieur une partie couverte servant d'abri à des séchoirs des réfractaires des poches.

Avec l'introduction de la marche à contrepression, la fabrication des masses de bouchage a été abandonnée et l'atelier de fabrication a cessé ses activités à la fin des années 70.

*Bâtiment de la masse noire, 1965*





*Vue sur le bardage de la halle de coulée du haut fourneau B, 2006*

## les hauts fourneaux aujourd'hui



*Halle de coulée du haut fourneau A,  
vue sur le trou de coulée*

*“La Technique est l’art de l’impossible. Humanité industrielle, lance tes ordonnances, ton esclave le progrès est prêt à servir! La disparition des usines n’est nullement fatale. Elles naissent, se développent et meurent, c’est l’ordre normal de toutes choses ici-bas, mais chacune d’elles laisse sa trace, marquant une étape nouvelle dans l’ascension irrésistible et continue de l’Humanité vers l’accomplissement de sa destinée: remonter l’échelle, retrouver et reconquérir, par son labeur et ses sacrifices, le Paradis perdu. Finis coronat opus!”  
(Marcel et Guy Steffes)*

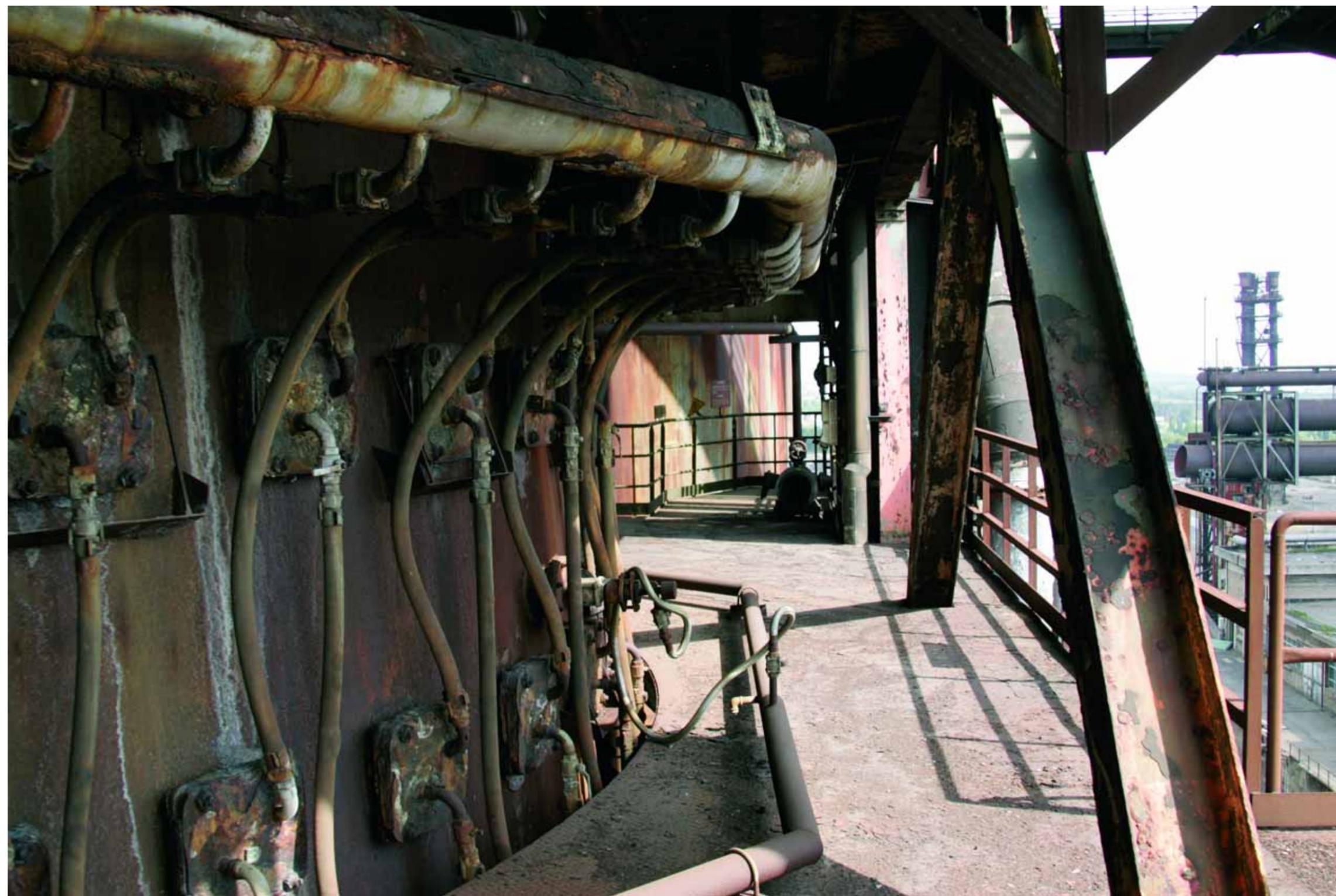
Depuis 1997 les hauts fourneaux de Belval sont au repos. Plus de charge, plus de feu, plus de fumée. Le silence s’est installé. Toute activité a cessé. La machine s’est tue. Plus de bruit.

Les hauts fourneaux ont été abandonnés à leur sort, exposés aux vents et pluies, ces forces irrésistibles qui finissent par les saper, les détruire. Il faut agir rapidement pour les sauver d’une mort certaine.

La corrosion fait son oeuvre lentement mais sûrement, silencieuse mais destructive, ses traces sont perceptibles. La patine a recouvert l’ensemble des structures, leur a donné cette couleur rouille de nostalgie si caractéristique des lieux abandonnés.



*Granulation, grappin du pont roulant semi-portique, 2006*



*Haut fourneau B, boîtes de refroidissement avec flexibles, 2006*



*Skips, escaliers et palan de démontage sur le monte-charge, 2006  
Les deux skips sont fixés en position de marche sur les rails par soudure.*

*Monte-charge du haut fourneau A, poulie, 2006*





*Vue sur la salle des machines,  
haut fourneau B, 2006*



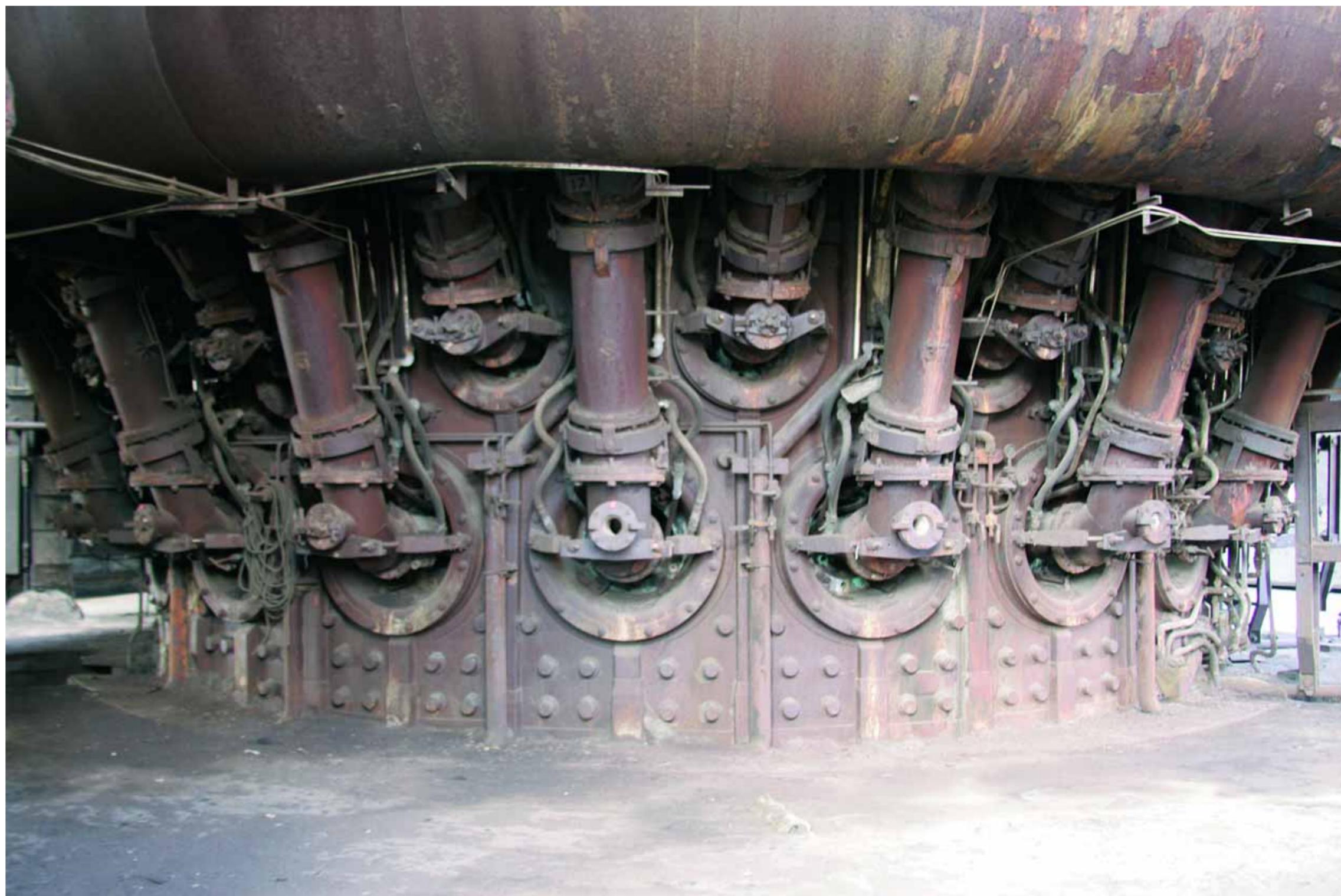
*Vue côté nord sur l'ensemble des installations des hauts fourneaux A et B, 2006*



*Hauts fourneaux, conduites à vent  
froid et conduites à gaz,  
vue est, 2006*



*Vue sur les silos à laitier, les bassins de granulation et les aéroréfrigérants des deux hauts fourneaux, 2006*



*Circulaire à vent chaud avec porte-vents sur haut fourneau B, 2006*



*Vanne 3000 sur le sac à poussières du haut fourneau A, 2006*



*Vue sud de la Möllerei, 2006*



*Gueulard sans cloches, trémies,  
haut fourneau B, 2006*

## les hauts fourneaux redessinés

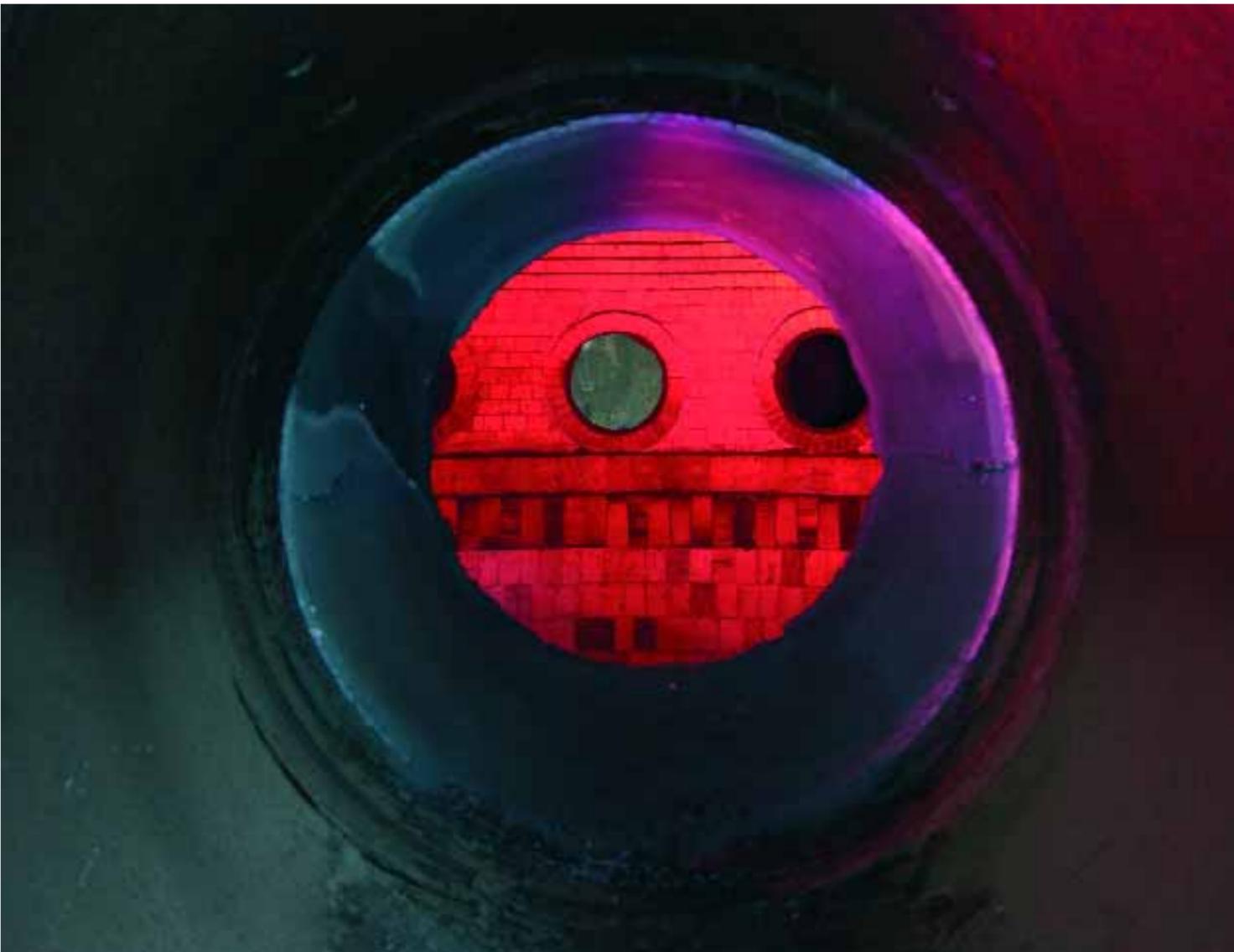
L'étude des scénarios a exigé d'établir au préalable des plans exacts des installations existantes. Plus de 4000 plans fournis par les archives d'Arcelor et les archives de la société Paul Wurth ont été triés, répertoriés et catalogués. Ils ont ensuite servi à la création de la base de données graphiques suffisamment détaillée pour permettre une étude approfondie des structures existantes comportant un état des lieux, un descriptif précis des éléments et une appréciation de l'état de conservation de ces éléments.

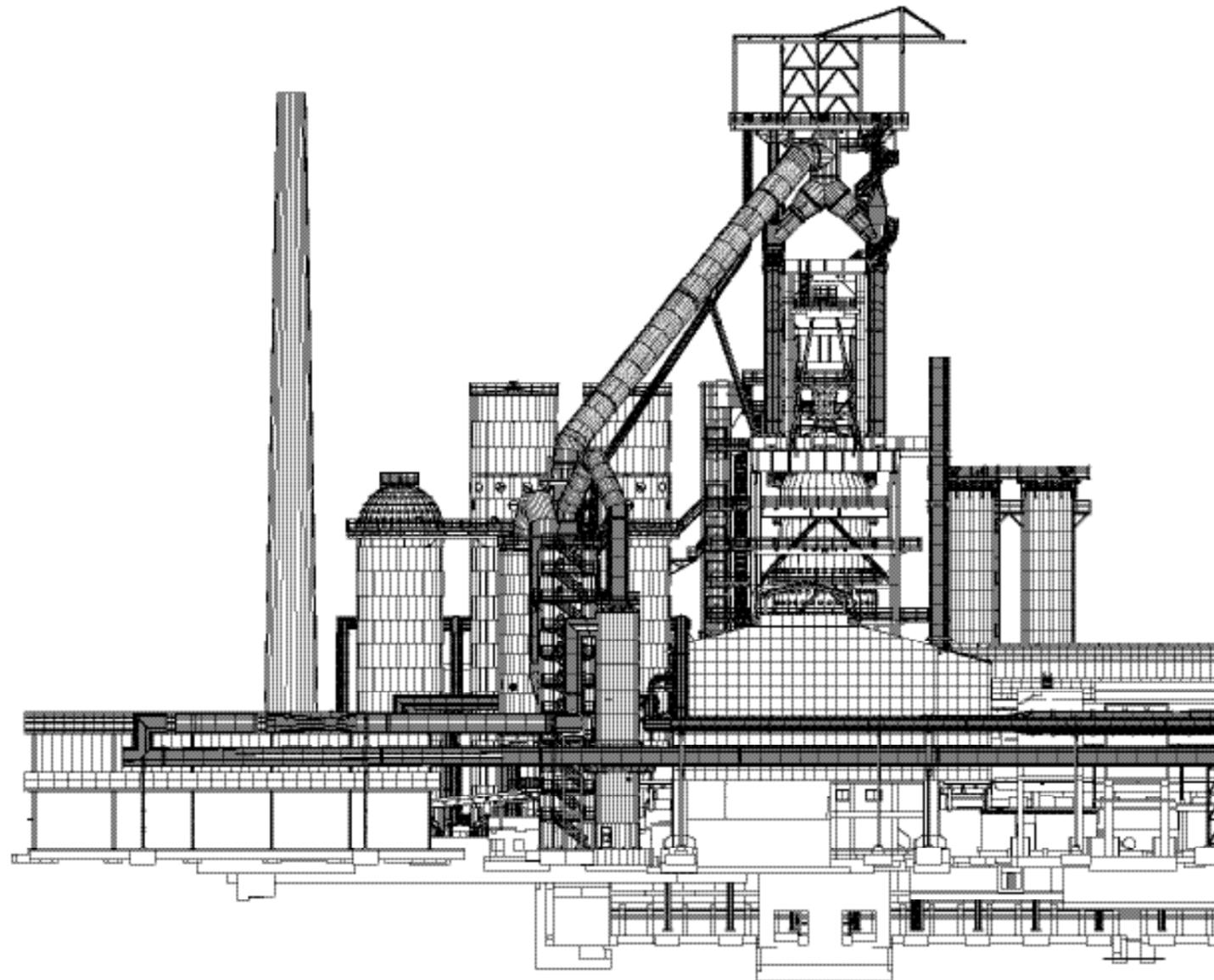
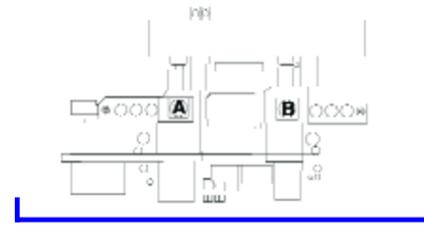
Les structures primaires et les structures secondaires des hauts fourneaux tout comme les équipements sidérurgiques ont été redessinés en détail et en trois dimensions sur base des plans existants. Toutes les modifications qui ont été apportées aux installations au cours de la période d'exploitation ont été implémentées. La concordance du modèle avec la réalité sur place a été vérifiée ensuite sur l'objet même.

La base de données a été établie en trois dimensions en raison de la complexité des ouvrages et des informations indispensables à l'étude des scénarios de conservation. Les hauts fourneaux ont été détaillés en ensembles constructifs intégrant chaque élément pour composer la totalité des constructions. Cette façon de procéder a permis par la suite de mener une analyse détaillée des structures et d'identifier clairement les éléments qui seront conservés et les éléments qui seront déposés.

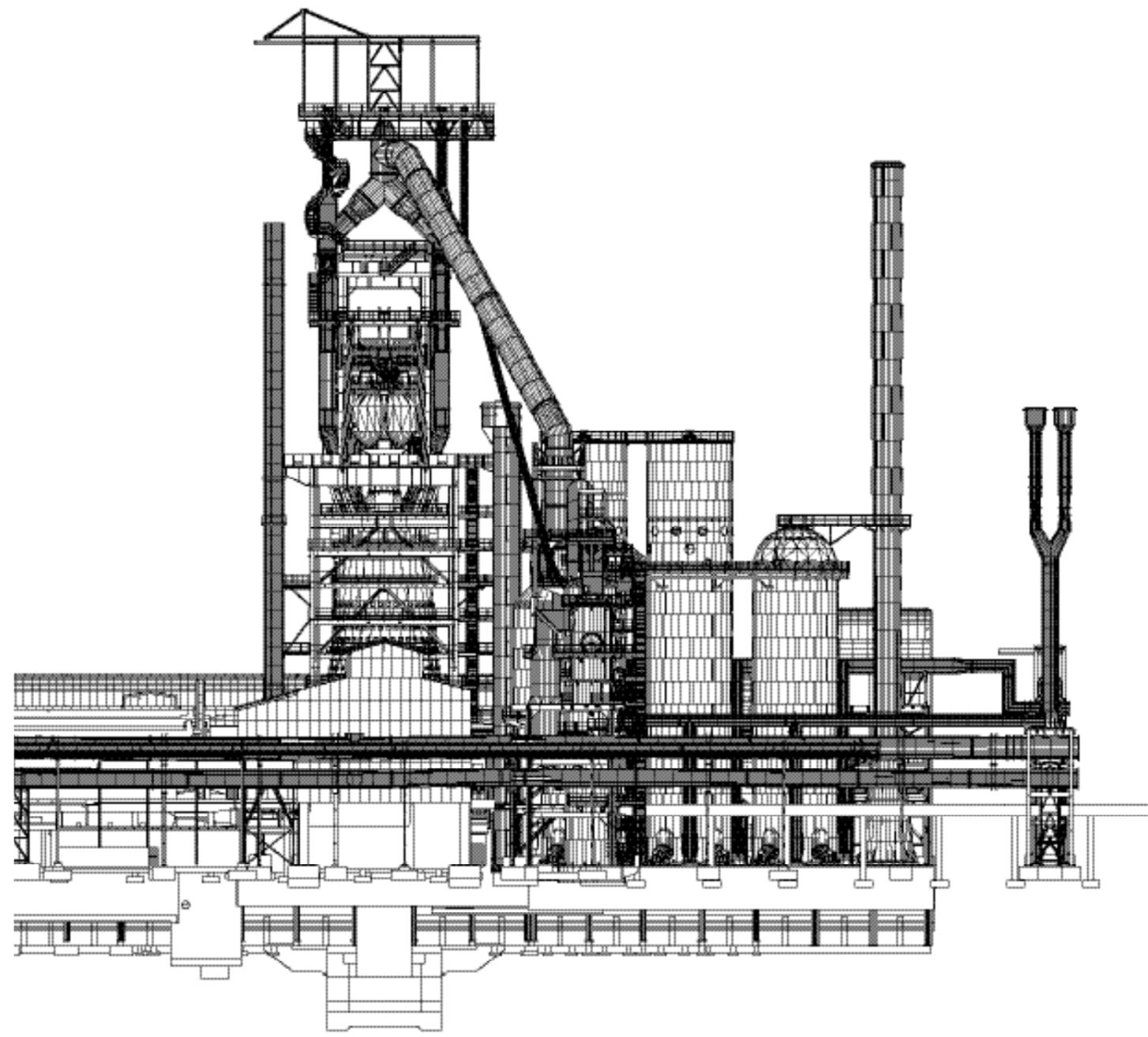
La base de données a été élaborée sur un logiciel spécifique à la construction métallique permettant de déterminer les masses, poids et surfaces concernées par les différentes interventions et d'en établir le coût d'opération.

*Vue intérieure du haut fourneau A, 2004*

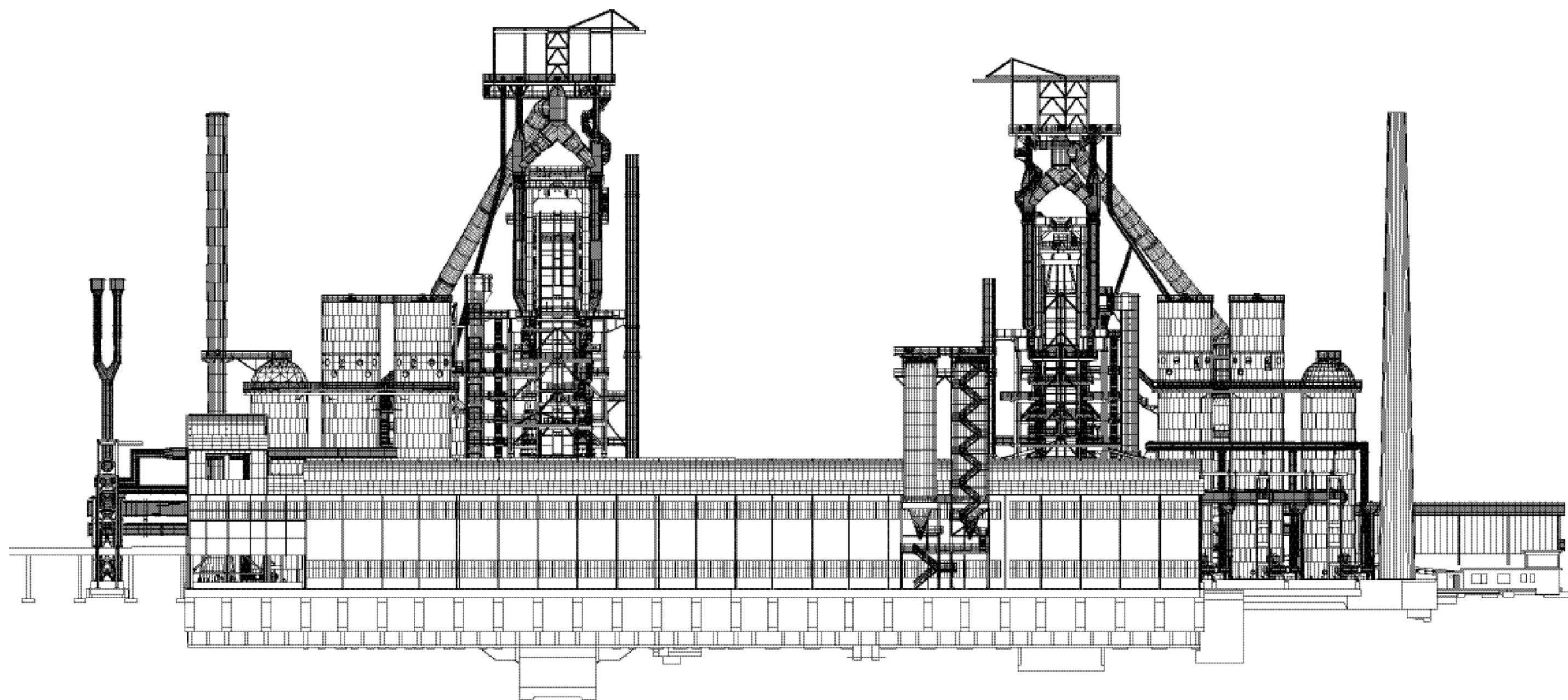
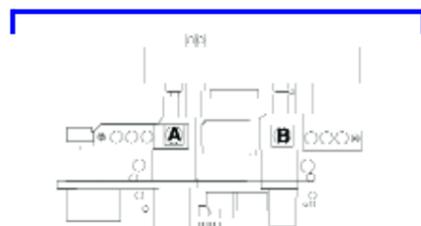




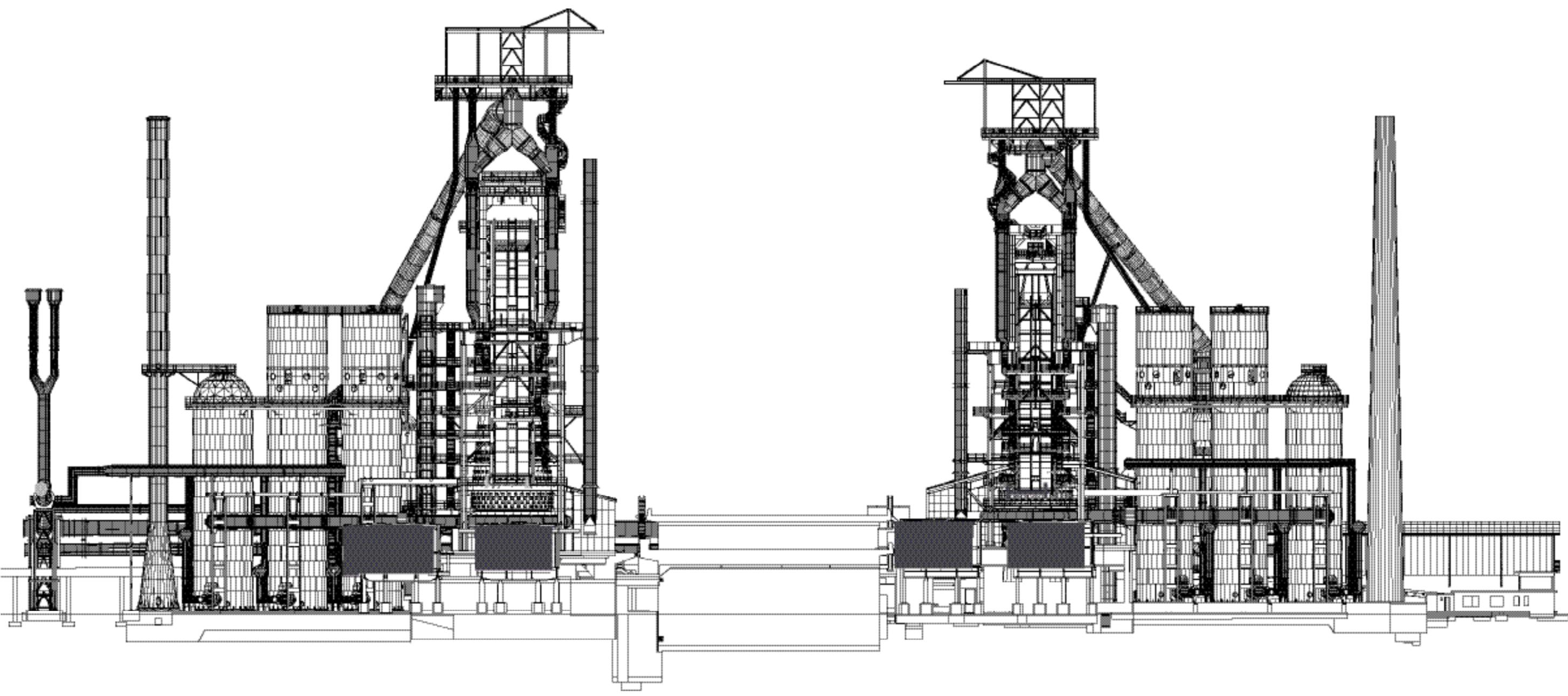
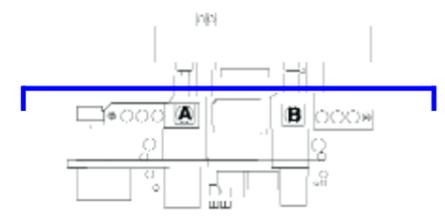
Site des hauts fourneaux  
élévation Est de l'ensemble des installations



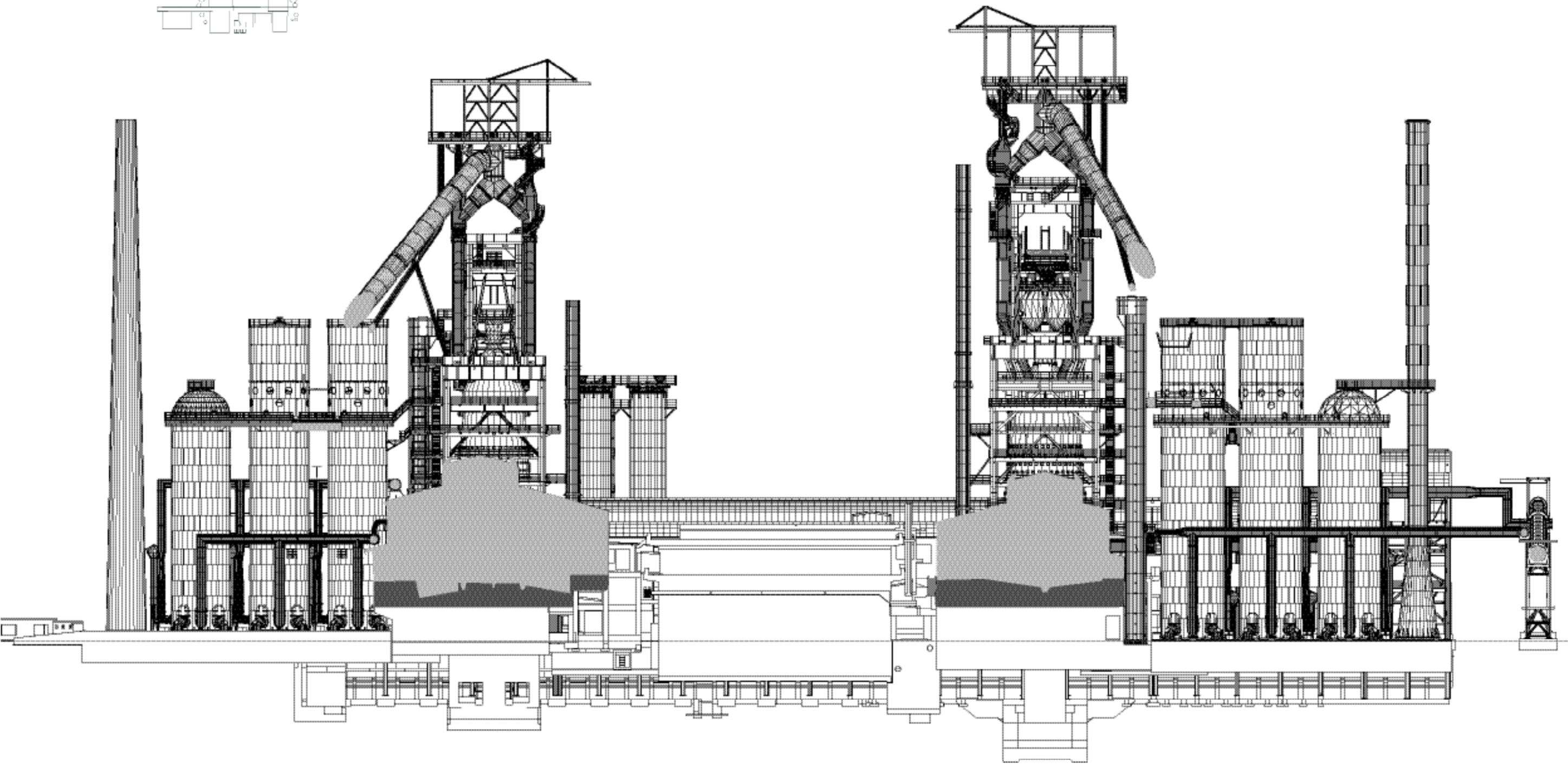
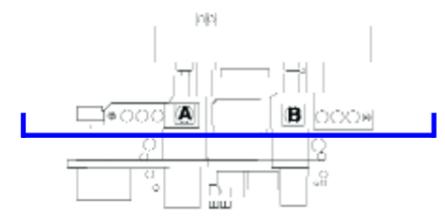
Site des hauts fourneaux  
élévation Ouest de l'ensemble des installations



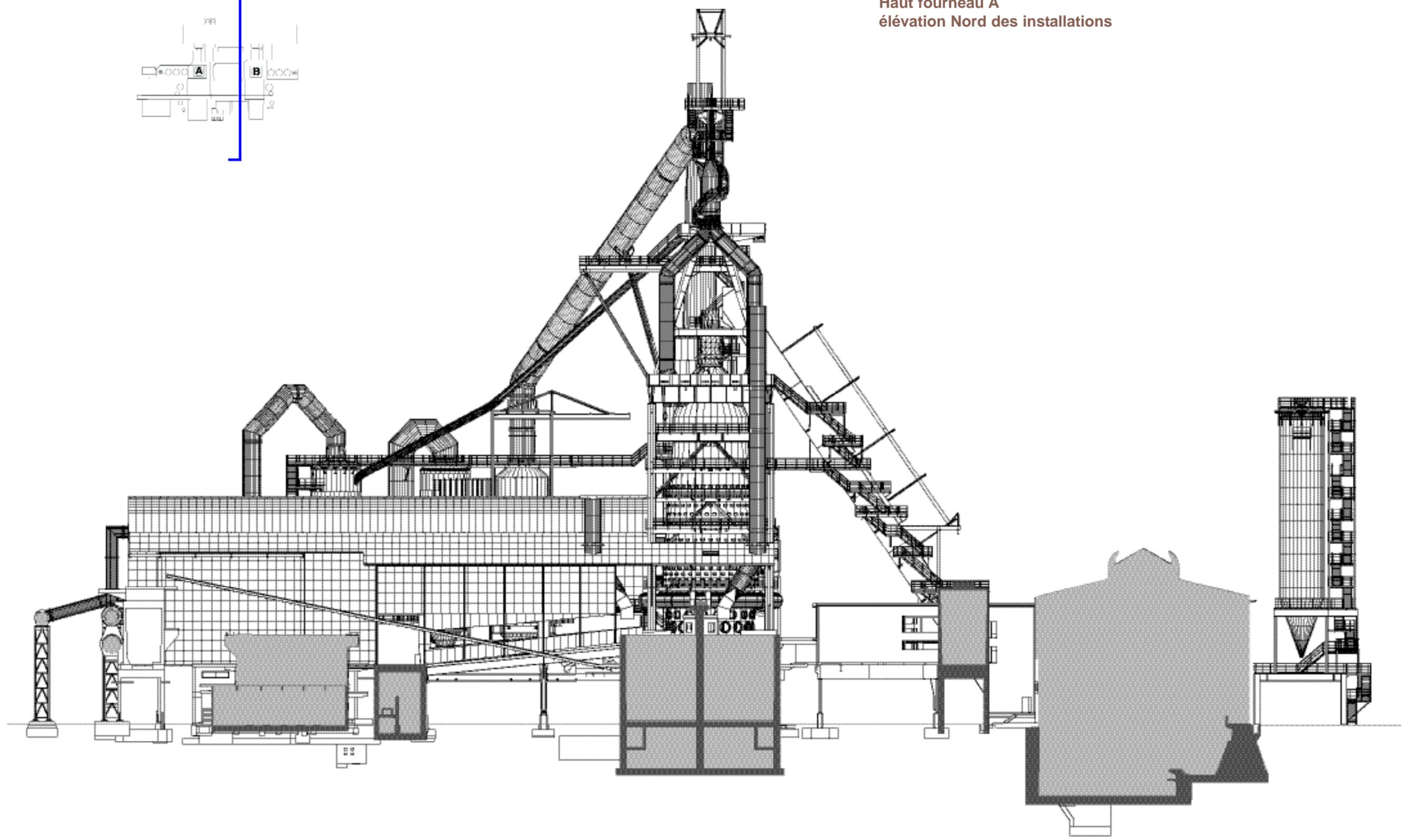
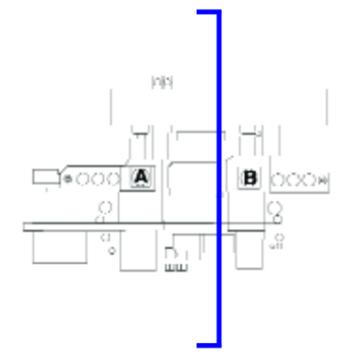
Haut fourneau A et B  
élévation Ouest de l'ensemble des installations



Hauts fourneaux A et B  
élévation Est des installations

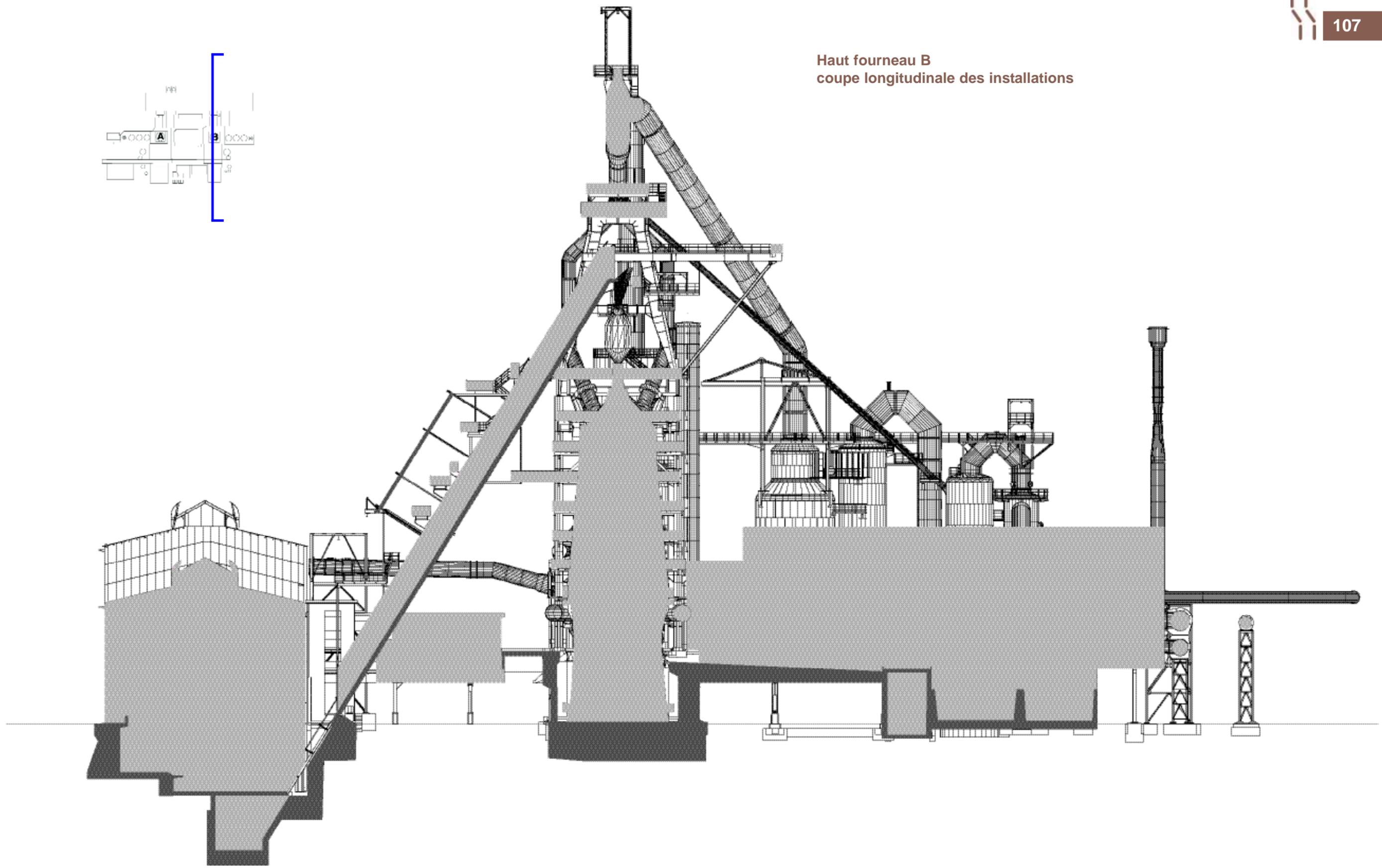


Haut fourneau A  
élévation Nord des installations

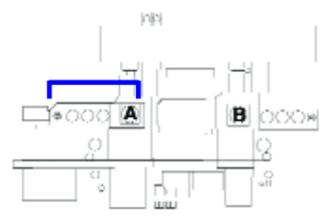
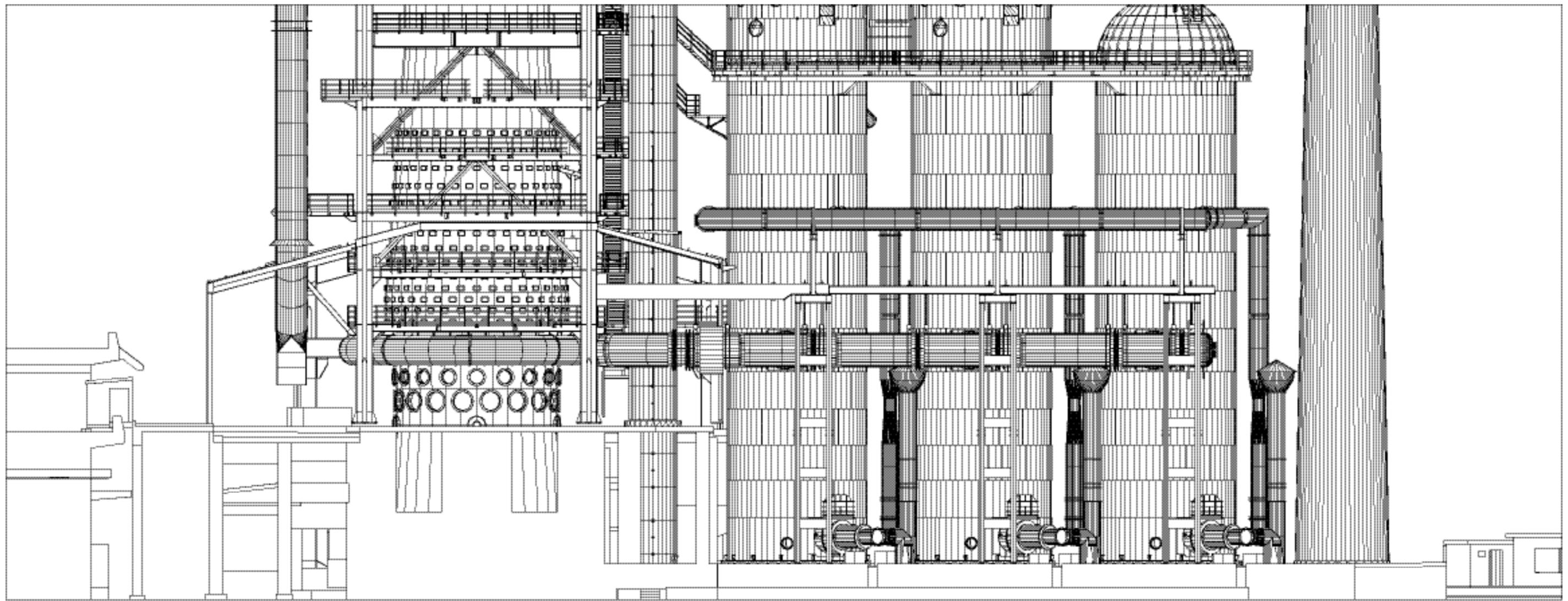




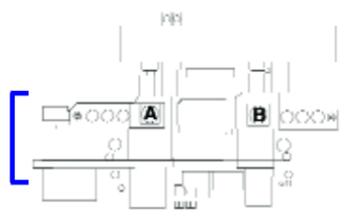
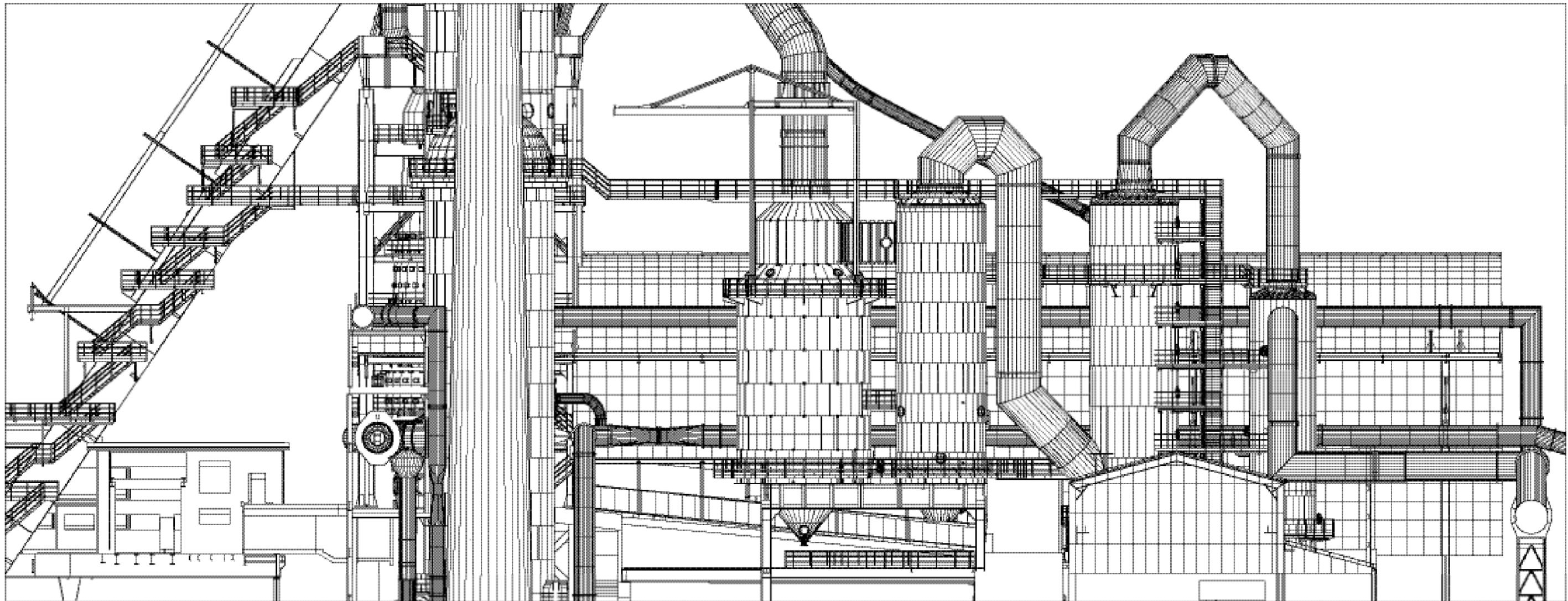
Haut fourneau B  
coupe longitudinale des installations



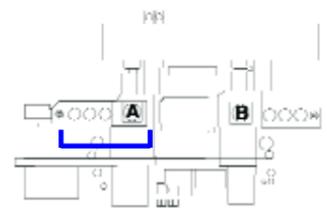
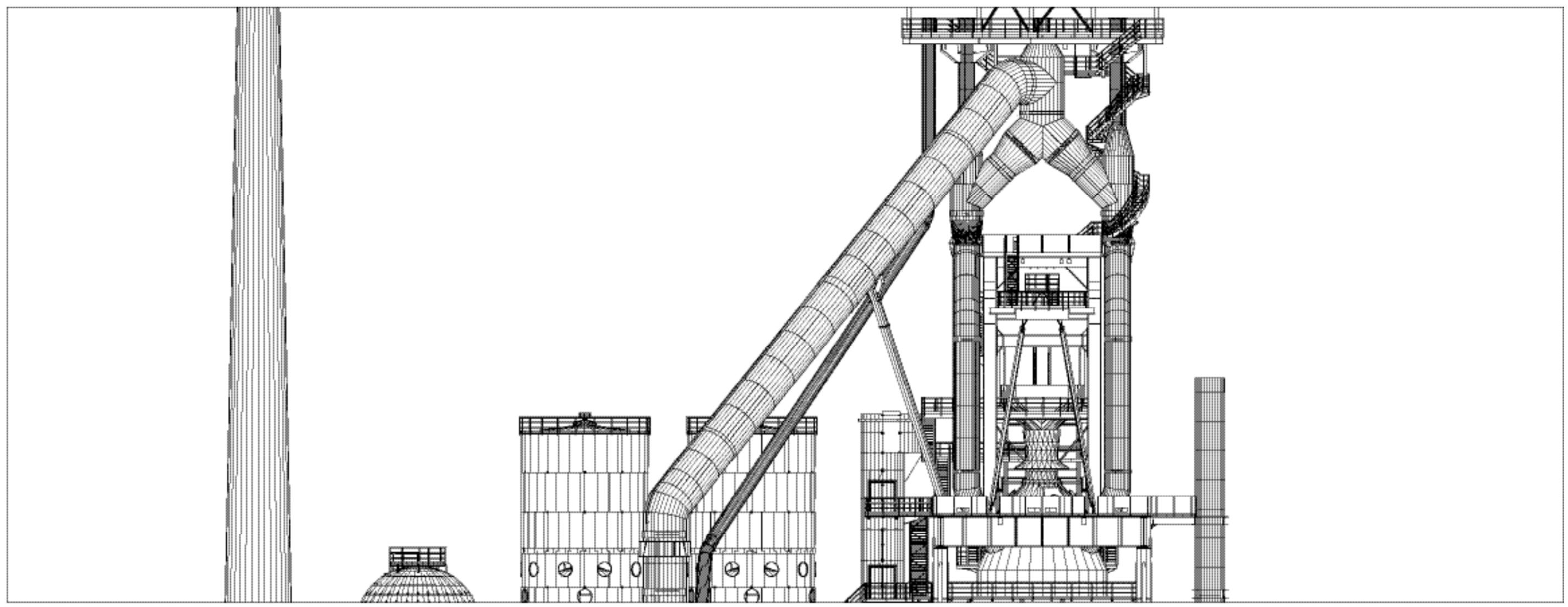
Haut fourneau A  
élévation Est - détail



Haut fourneau A  
élévation Sud - détail

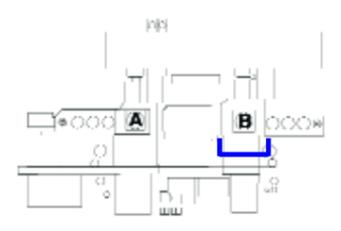
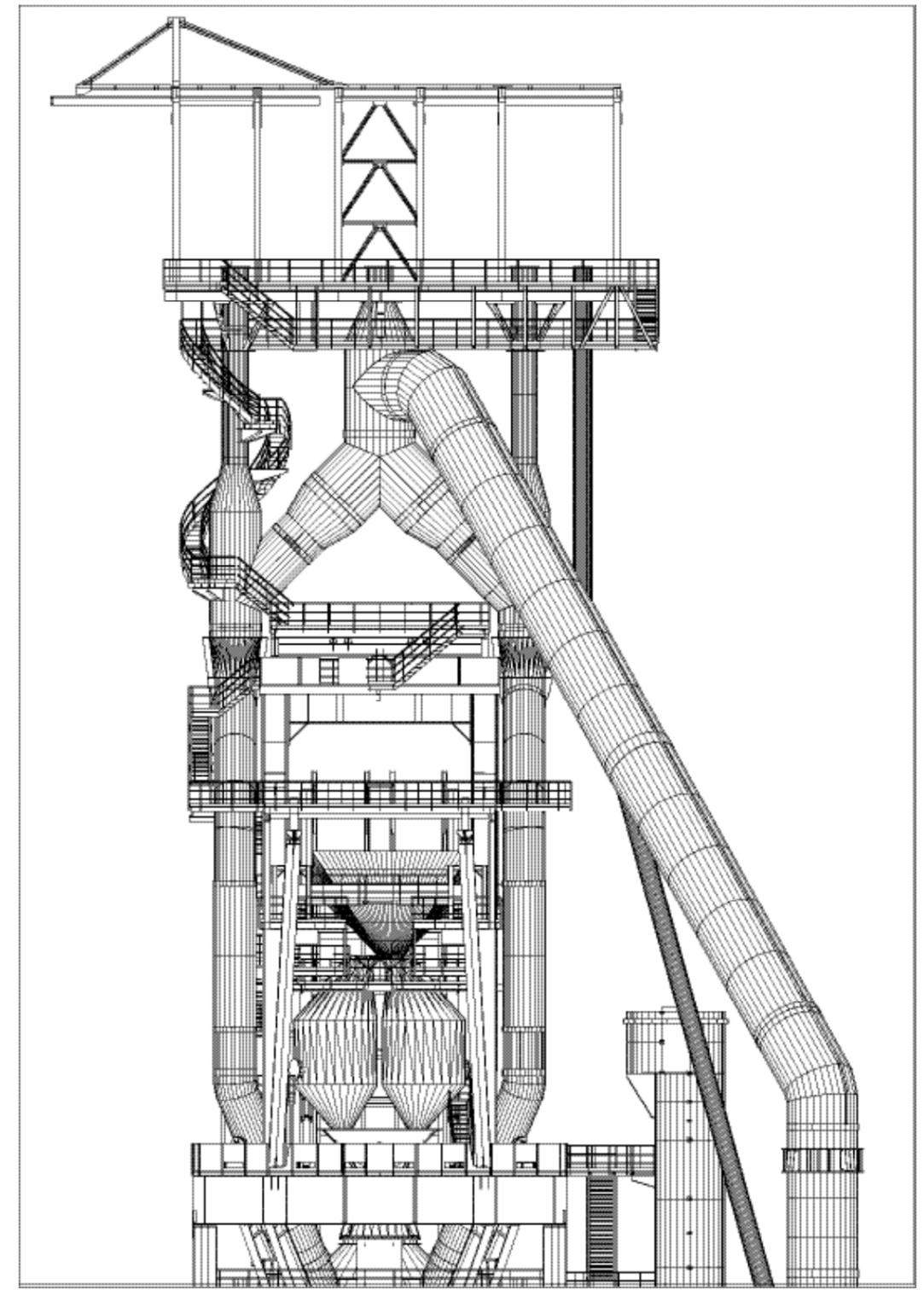


Haut fourneau A  
élévation Est - détail gueulard à cloches





Haut fourneau B  
élévation Est - détail gueulard sans cloches



## les scénarios de conservation

Le gouvernement a chargé le Fonds Belval de développer trois scénarios cohérents pour la conservation des hauts fourneaux à Belval. Chacun de ces scénarios a sa logique propre et poursuit des objectifs différents.

**Le premier scénario** est un projet de conservation qui se limite essentiellement à la préservation de la silhouette des hauts fourneaux dans le paysage de l'agglomération d'Esch-sur-Alzette et de Belvaux.

**Le second scénario** est un scénario de conservation muséologique de l'installation qui vise la sauvegarde de ce patrimoine industriel unique au Grand-Duché de Luxembourg à plus de 95% de l'existant.

**Le troisième scénario** est un compromis des deux options précédentes.

Une évaluation financière complète pour chaque scénario comportant une estimation des coûts de réalisation du scénario ainsi que des coûts d'entretien sur une durée de 30 ans a été établie.

Les coûts de réalisation comprennent :

- les travaux de démolition
- les travaux de restauration
- les travaux de traitement des surfaces

Les coûts d'entretien comprennent :

- l'entretien des structures métalliques
- l'entretien des surfaces métalliques
- l'entretien des éléments en béton

Chaque scénario est documenté par un texte explicatif, ainsi qu'une analyse graphique et une modélisation tridimensionnelle de la nouvelle situation.

L'analyse graphique permet de visualiser :

- les éléments déposés
- les volumes préservés exploitables
- les surfaces libérées au sol
- les nouveaux axes de communication qui ont été dégagés



*Vue sur la salle des machines du haut fourneau A, 2006*

## SCENARIO : La silhouette de Belval

### Conservation de la silhouette des hauts fourneaux

Le scénario a pour objectif la conservation de la silhouette des installations des hauts fourneaux perceptible dans le paysage. Il se focalise sur la conservation des éléments hauts constituant la silhouette perçue à l'extérieur du site des hauts fourneaux.

Les éléments majeurs qui seront préservés sont disposés sur l'axe Nord-Sud des installations des hauts fourneaux. Ils seront dégagés de leurs structures, des conduites ainsi que des constructions annexes de façon à mettre en évidence les pièces maîtresses intervenant dans la production de la fonte. La Möllerei et les diverses installations communes seront déposées.

Libérant d'importantes surfaces sur site des hauts fourneaux, le premier scénario maximise les conditions d'implantation pour des nouvelles constructions ainsi que l'intégration des éléments conservés dans le nouveau contexte urbain.

Les hauts fourneaux constitueront le pôle historique de développement de la future Cité des Sciences, de la Recherche et de l'Innovation. La silhouette des hauts fourneaux sera le repère urbain chargé de la mémoire de la sidérurgie luxembourgeoise émergeant de la nouvelle ville.

Les éléments qui seront préservés devront permettre la lecture de la silhouette caractéristique du site des hauts fourneaux, définis par les éléments de gabarit important et dépassant en hauteur les bâtiments avoisants projetés par le plan directeur de Belval.

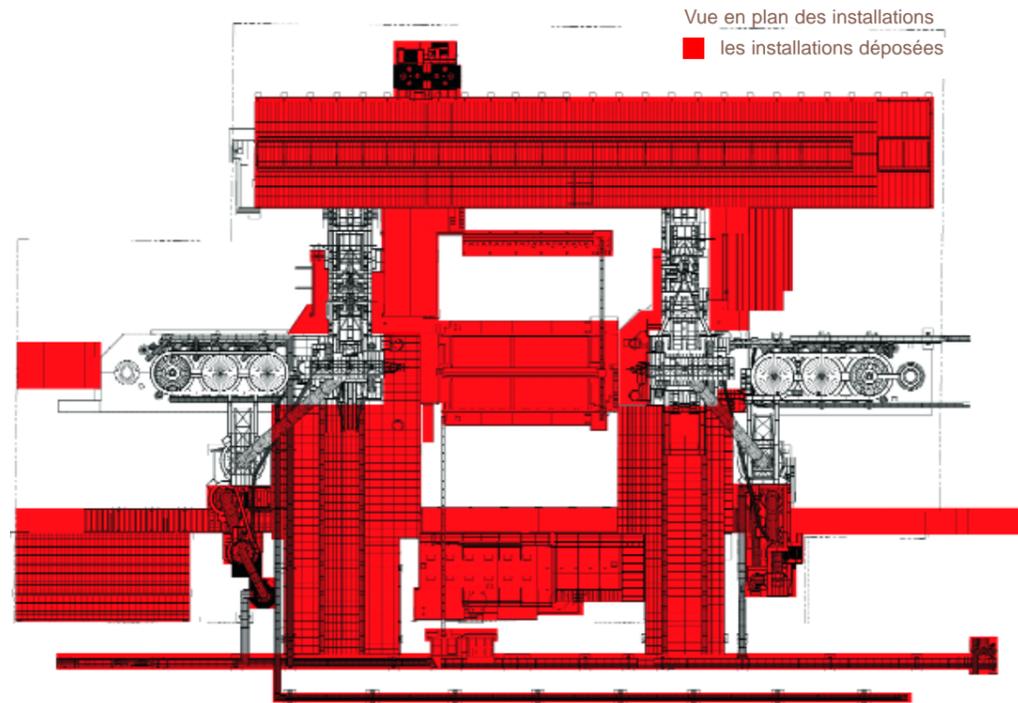
Ces éléments sont :

- la tour carrée avec le haut fourneau proprement dit
- la tour gueulard avec ses installations et le plancher bleeder
- le monte-charge
- les cowpers et leur cheminée
- la descente des gaz ("downcomer") avec le sac à poussières

Les éléments conservés sont les mêmes pour les deux hauts fourneaux. Par contre toutes leurs installations communes, les bassins de granulation, les installations de refroidissement, la Möllerei, le Highway etc. seront déposés.

*Les cheminées de l'agglomération et la silhouette des hauts fourneaux, vue de Belvaux, 2004*





### Mise en valeur des hauts fourneaux

Le scénario «silhouette» considère les installations des hauts fourneaux comme un ouvrage d'ingénierie dont les pièces maîtresses sont les hauts fourneaux proprement dit. Ces éléments, cachés par les structures, sont difficilement identifiables. Ils sont, néanmoins, le coeur du processus de réduction des minerais.

Ce scénario prévoit le démantèlement des garde-corps et des platelages des tours carrées permettant la mise en évidence des deux hauts fourneaux et de leur blindage depuis le creuset jusqu'au niveau gueulard. Les conduites circulaires à vent chaud avec l'équipement de soufflage ainsi que le refroidissement du blindage seront conservées en raison de leur appartenance aux hauts fourneaux.

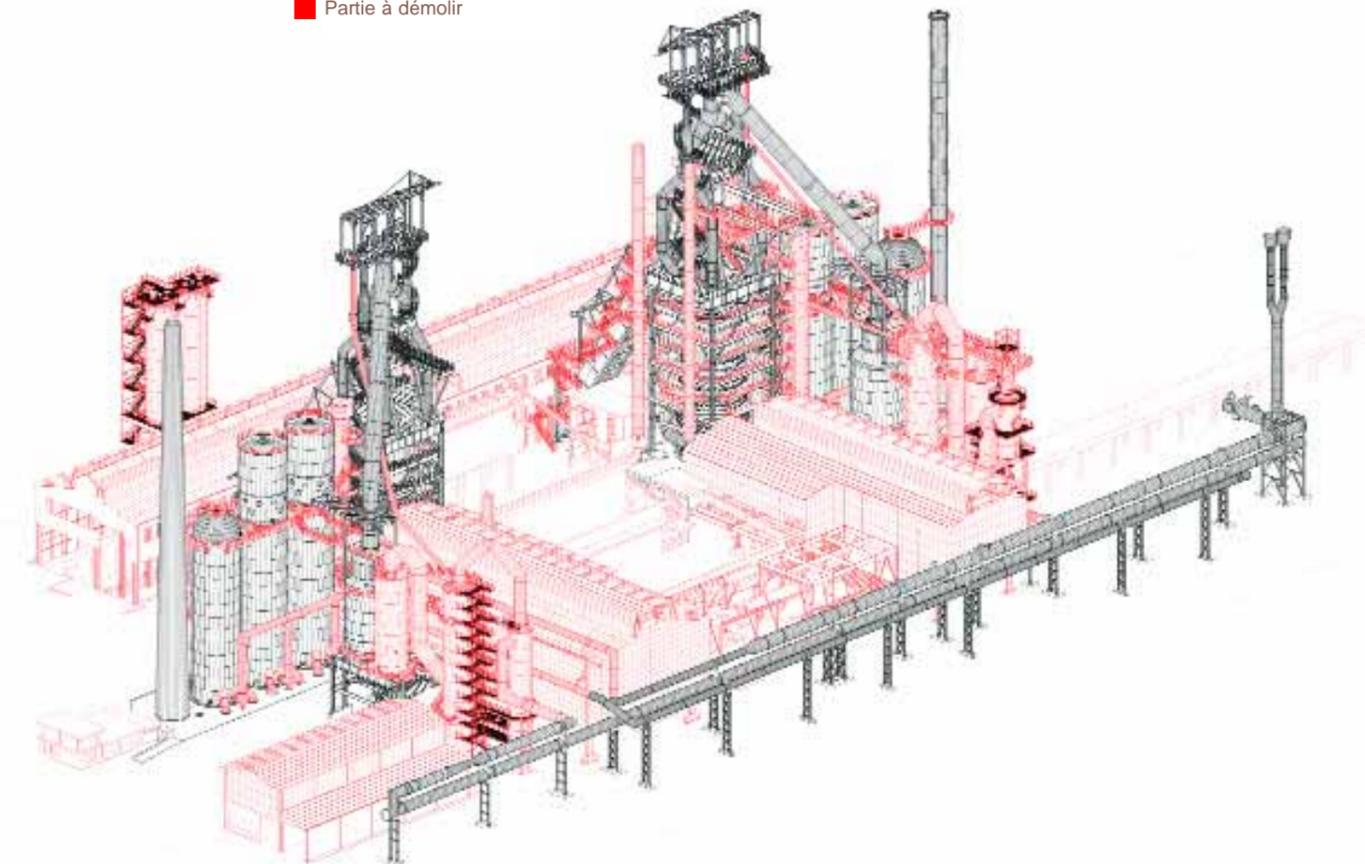
Les accès aux différents niveaux des tours carrées et des tours gueulards seront conservés afin de permettre les entretiens nécessaires. Il s'agit principalement des circulations verticales. Seules les structures secondaires des différents niveaux seront maintenues et pourront recevoir un plancher mobile.

### Les éléments de silhouette conservés.

Concernant les hauts fourneaux à proprement parler, seront conservés les fondations des hauts fourneaux délimitées au droit de leur tour carrée, la structure primaire et secondaire, le haut fourneau proprement dit, ainsi que la conduite circulaire et les équipements de refroidissement et de soufflage. Les tours gueulards avec leurs équipements respectifs, le gueulard à cloche pour le haut fourneau A et le gueulard sans cloche pour le haut fourneau B seront conservés, y compris leur charpente de prise de gaz, les prises de gaz et les clapets d'explosion et mini-bleeders. Enfin, seuls seront conservés les platelages et garde-corps des planchers gueulard pour un accès public et les escaliers nécessaires à l'accès pour l'entretien du haut fourneau.

Scénario «silhouette», axonométrie

- Partie à conserver
- Partie à démolir



Des installations d'épuration des gaz, seul le sac à poussière sera maintenu en tant que soutien de la conduite de descente de gaz ("down comer"). La structure métallique soutenant le sac à poussière devra être modifiée.

Concernant les cowpers, ceux-ci seront conservés pour les deux hauts fourneaux avec leur château d'eau et leur cheminée. Seule la passerelle d'entretien supérieure reliant la tour carrée et les trois cowpers sera maintenue

Enfin, des équipements de chargement des deux hauts fourneaux seront conservés : le tronçon principal et la partie inférieure, la charpente du chemin de roulement avec le palan de démontage ainsi que les skips de chargement. Aucun des escaliers s'enroulant autour des monte-charges ne sera conservé.

Pour des raisons économiques sur le long terme, toutes les structures secondaires constituées surtout de profilés fins, qui sont sujets à une corrosion rapide, sont démontées pour ne conserver des installations que les grandes structures et les structures secondaires indispensables à l'entretien et à la maintenance.

#### Les éléments non conservés

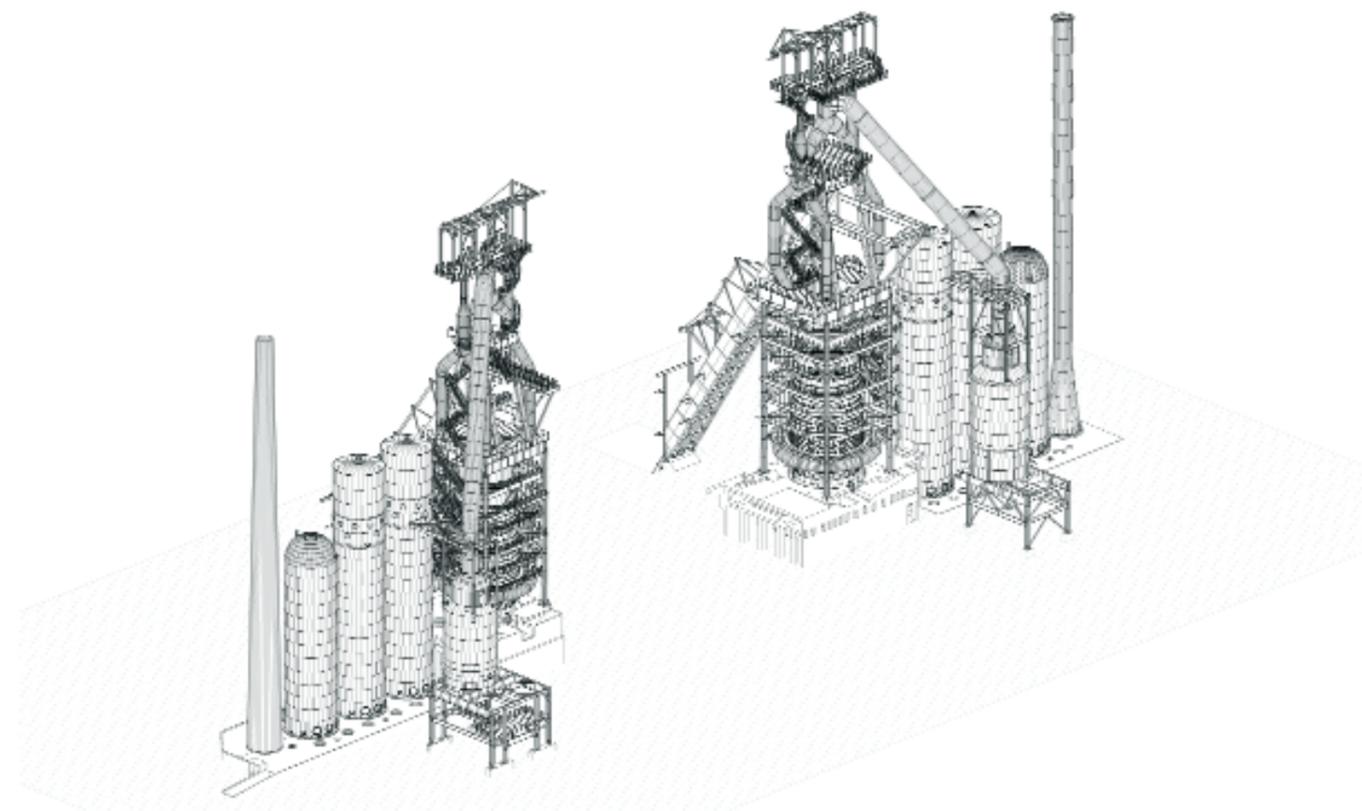
Les halles de coulée, ainsi que la salle de machines et bâtiments électriques des deux hauts fourneaux seront entièrement déposés.

Les installations de refroidissement, les bassins de granulation avec le système de bandes transporteuses et tout autres locaux annexes des hauts fourneaux seront également déposés.

Les équipements communs seront eux aussi déposés, s'agissant de la Moellerei et les silos à charbon, des silos de stockage du laitier, du bâtiment de préparation de la masse noire, du Highway et des conduites de vent et de gaz.

#### Accessibilité au public

Le projet prévoit de rendre uniquement le haut fourneau A accessible au public. Celui-ci n'ayant jamais été remis en service suite à la dernière campagne de réfection en 1990, se trouve dans un état de conservation satisfaisant. L'accès à la plateforme du gueulard, à une hauteur de 40 m, sera réa-



lisé par un escalier et par ascenseur à l'intérieur ou à l'extérieur de la tour carrée. L'accès à l'intérieur du haut fourneau sera une option envisageable. Elle permettra de découvrir le revêtement en briques réfractaires encore neuf et les dimensions impressionnantes de l'élément.

#### L'intégration urbanistique des hauts fourneaux

L'alignement sur l'axe Nord-Sud des éléments conservés permet de mettre en évidence l'axe principal et l'orthogonalité de l'organisation du site industriel repris par le plan directeur du projet urbanistique de Belval-Ouest.

Le scénario «silhouette» permet de libérer d'importantes surfaces au sol. Cette situation est favorable au développement d'un nouvel aménagement qui pourra répondre à des besoins nouveaux et créer dans l'enceinte même des hauts fourneaux un nouveau contexte urbain. Ce contexte permettra l'implantation d'édifices à vocations diverses qui garantiront une activité continue sur le site des hauts fourneaux de jour comme de nuit.



Les relations entre le site des hauts fourneaux et le tissu urbain environnant pourront être développées dans toutes les directions, tant sur l'axe Est-Ouest que dans la direction Nord-Sud. En effet, la dépose de la Möllerei et des installations de granulation et de refroidissement d'eau permet de créer une grande ouverture urbaine passant entre les deux hauts fourneaux et renforçant ainsi le lien avec le nouveau quartier du Square Mile et le grand boulevard urbain.

*Haut fourneau B, vue sud, 2004*

## SCENARIO : Le projet muséologique

### La conservation muséale des hauts fourneaux

Le second scénario consacre la qualité patrimoniale des hauts fourneaux de Belval qui méritent une conservation soutenue au même titre que les fortifications de la ville de Luxembourg ou les châteaux forts médiévaux considérés comme patrimoine architectural national.

Il préconise la conservation quasi intégrale et muséale des installations pour documenter l'histoire technique, industrielle et sociale de la sidérurgie sans y apporter aucune modification mais autorise la réutilisation de certains espaces. De légers aménagements des structures en place pour dégager certains axes de communication et créer ainsi des liaisons avec l'environnement urbain du site des Hauts Fourneaux sont envisageables.

Ce scénario se réfère dans ses principes à la Charte du patrimoine industriel élaborée par le TICCIH (comité international pour le patrimoine industriel) en 2003 :

***"La conservation du patrimoine industriel dépend de la préservation de l'intégrité fonctionnelle du site, et les interventions sur un site industriel devraient viser à maintenir cette intégrité autant que possible. La valeur et l'authenticité d'un site industriel peuvent être fortement réduites si les machines sont retirées ou si des éléments secondaires faisant partie de l'ensemble sont détruits."***

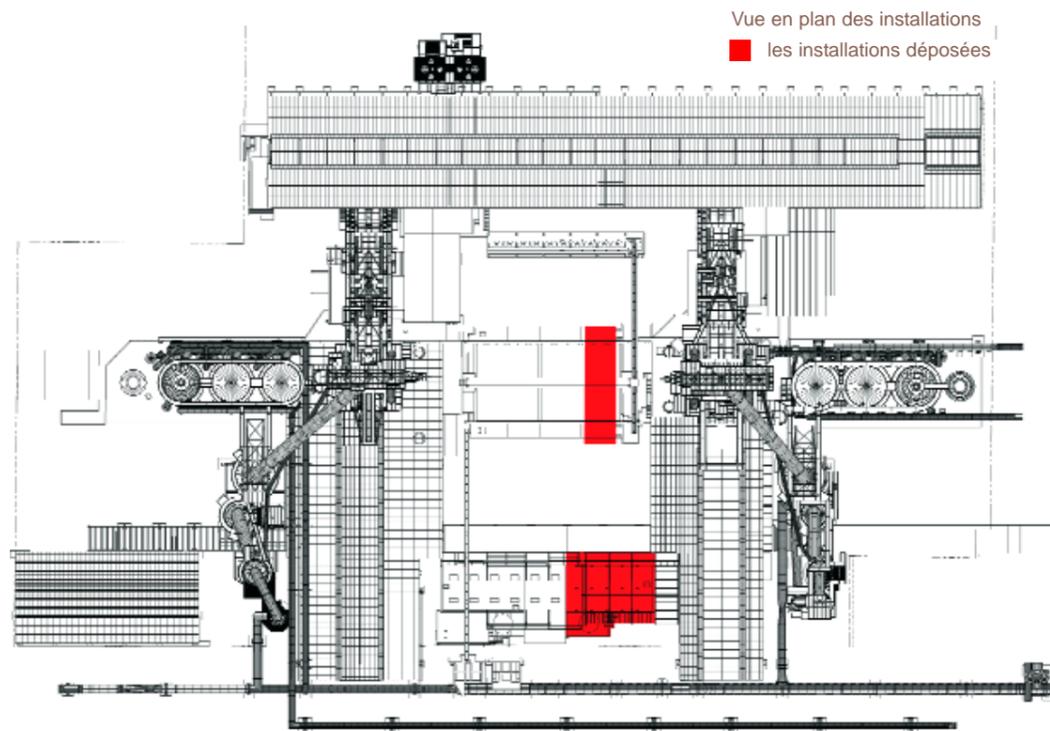
Une telle conservation "intégrale" et sans compromis ne peut actuellement plus être envisagée pour deux raisons majeures. En premier lieu, le site n'est plus "un ensemble industriel complet", reproduisant l'ensemble des fonctions industrielles documentant l'approvisionnement, la production, le stockage, l'expédition, l'administration, l'accueil du personnel, la sécurité, les locaux syndicaux. Beaucoup a d'ores-et-déjà disparu. L'état des lieux ne permet donc plus aujourd'hui que la protection de sous ensembles cohérents ou d'éléments isolés significatifs.

Le développement de la Terrasse des Hauts Fourneaux, cœur d'un ambitieux projet urbain, constitue la deuxième raison en conflit avec une conservation intégrale. L'intégration, dans le projet de réaffectation d'une friche de l'industrie lourde, des installations industrielles dans leur intégralité, est une démarche particulièrement difficile et osée.

Le projet propose d'appliquer une logique de conservation plus nuancée ou graduelle qui prévoit de conserver le haut fourneau A dans son intégralité

*Circulaire à vent chaud avec porte-vents, haut fourneau A, 2004*





actuelle, sans aucune dépose alors que le haut fourneau B pourra subir certaines interventions ponctuelles de ses espaces secondaires. La réaffectation de certains espaces pour des activités nouvelles sera envisageable. Ainsi la Möllerei sera conservée intégralement sur les 7 premières travées faisant partie des installations du haut fourneau A, et la partie restante du bâtiment pourra être éviscérée et réaffectée.

#### Eléments conservés intégralement

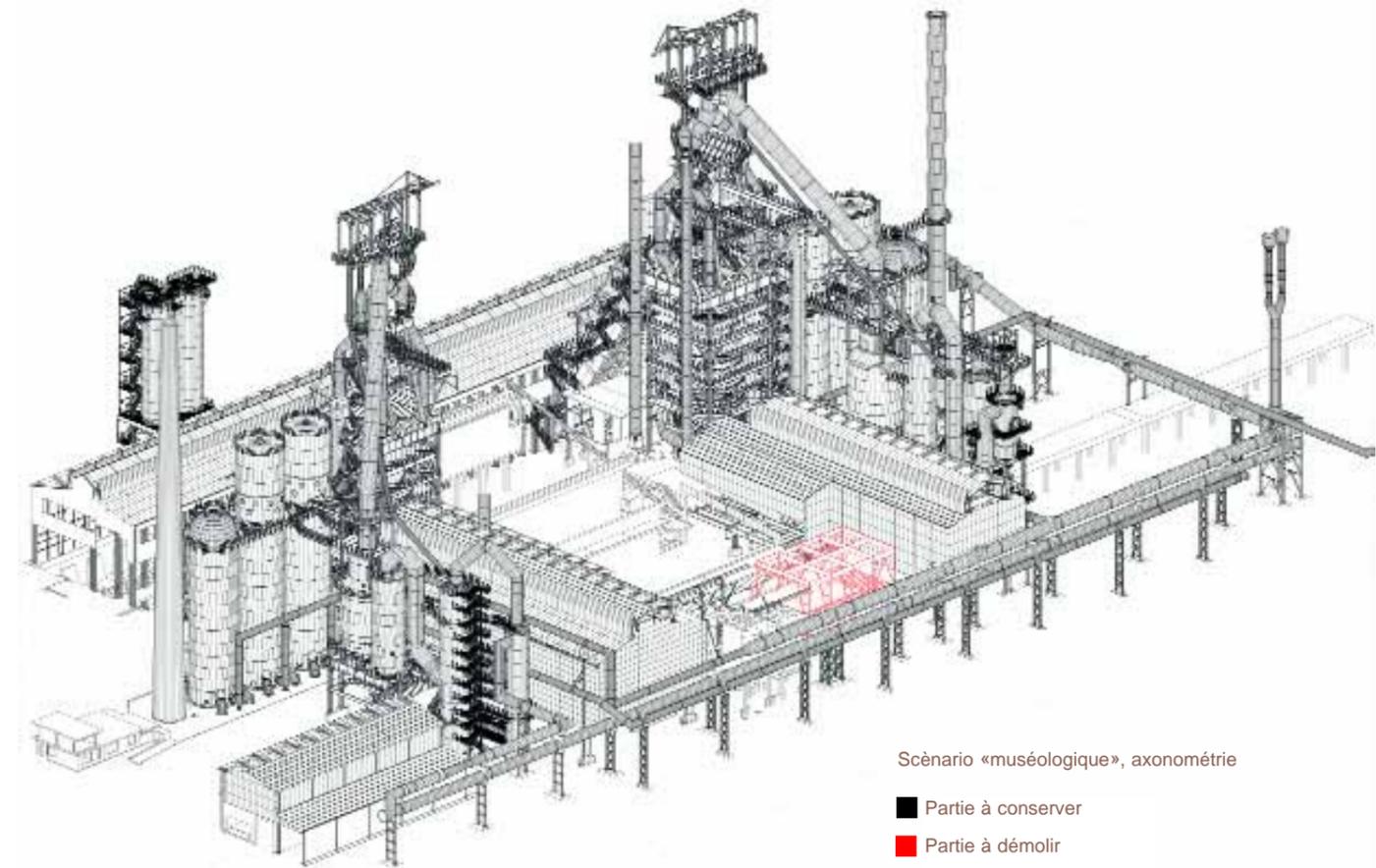
##### Le haut fourneau A

Le haut fourneau A avec l'ensemble de toutes ses installations annexes sera conservé dans son intégralité comme " document de l'histoire technique et industrielle ", de l'organisation des espaces et des formes architecturales, des infrastructures et de l'ensemble des moyens techniques mis-en-œuvre pour diversifier la production et mieux répondre à l'évolution de la demande de l'époque.

" Document de l'histoire sociale ", le haut fourneau doit témoigner des conditions humaines et sociales des ouvriers sachant que la population ouvrière se montrait davantage attachée à un lieu de travail et aux formes de sociabilité et de coopération qui s'y développaient qu'aux dispositifs techniques qui l'entouraient.

Bien que très sommaire, cette mise en perspective des différents degrés d'interprétation d'une installation industrielle montre qu'une protection qui se limiterait aux seuls dispositifs techniques priverait la postérité d'informations essentielles à sa compréhension.

Une conservation intégrale n'exclut pas a priori l'aménagement dans le cadre d'un projet culturel, architectural et urbain de fonctions compatibles avec l'esprit de la conservation bien que ces interventions resteront marginales:



- un accès public du plancher de coulée jusqu'au gueulard, équipé, mais seulement si absolument nécessaire de dispositifs de sécurité rapportés sur la structure
- une ouverture du haut fourneau A au niveau du trou de coulée
- une mise en valeur didactique ou une affectation temporaire sans modification de l'existant

### Éléments modifiés ponctuellement

#### Le haut fourneau B

Le scénario prévoit de modifier ponctuellement les installations et de certains des équipements du haut fourneau B. Une partie de la Möllerei pourra également être transformée certes dans des limites telles que son essence industrielle ne soit pas détruite.

Le dispositif de chargement du haut fourneau B, le gueulard sans cloches, représente une évolution technologique majeure dans l'histoire des techniques de la sidérurgie du Luxembourg, il sera conservé intégralement. Cette approche pourra être étendue à certains éléments du réseau hydraulique.

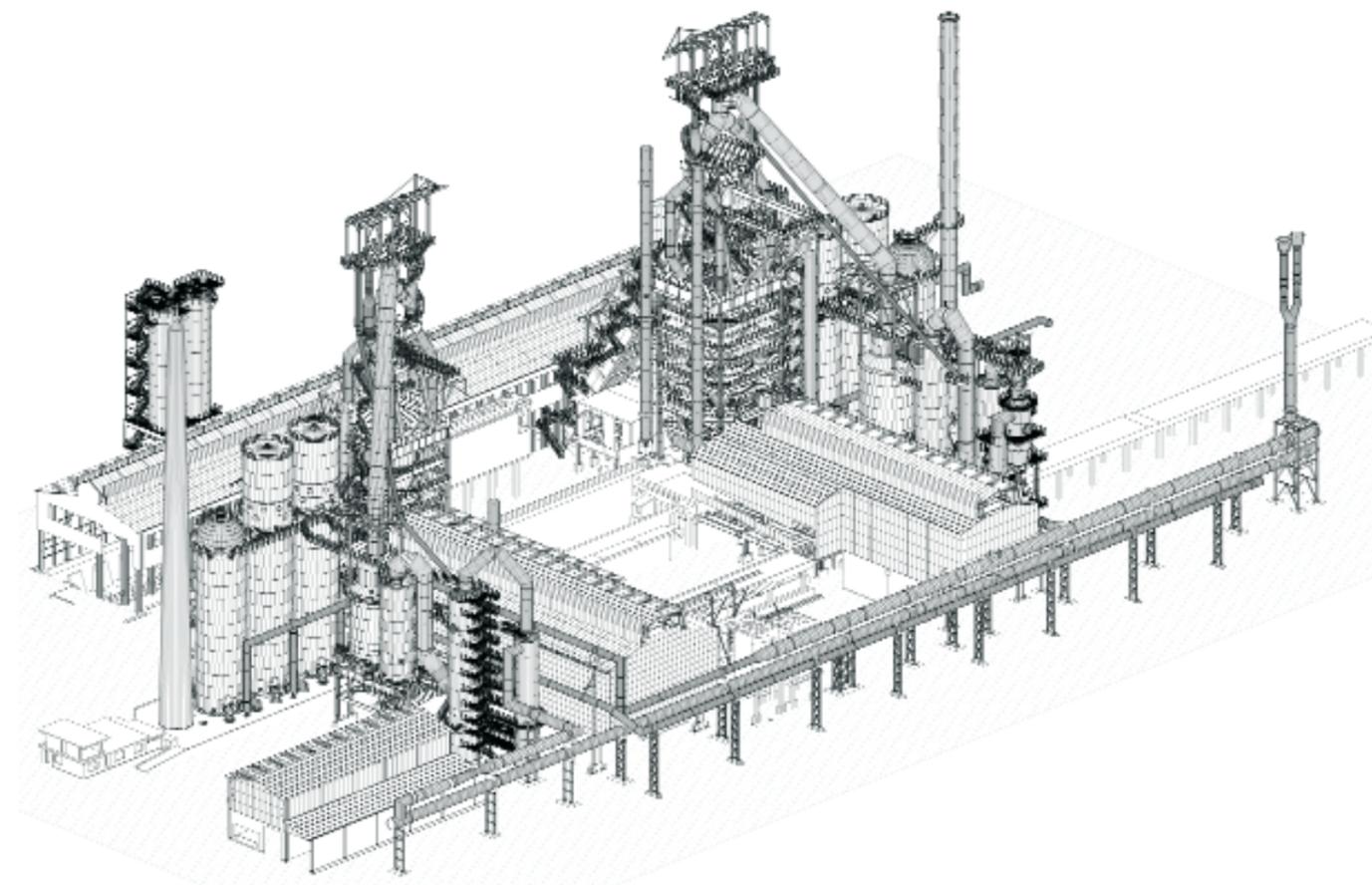
Par ailleurs, le démantèlement partiel du haut fourneau B permettra de répondre à trois problèmes de ce projet :

1) donner certaines marges d'aménagement aux deux principaux niveaux de circulation du futur espace public (niveau sol usine, niveau Highway) par l'ouverture ou la démolition de parties mineures des annexes (Möllerei, granulation, aéroréfrigérants, etc.)

2) proposer des espaces réutilisables, susceptibles d'accueillir des activités de service (Möllerei, halle de coulée, locaux électriques, vestiaires, etc.) moyennant des aménagements mineurs.

3) L'aménagement du haut fourneau B dans le cadre d'un projet culturel, architectural et urbain permettra notamment :

- la visite du gueulard sans cloches
- la réaffectation à court ou moyen terme de certains de ses locaux techniques
- l'aménagement et la mise en sécurité d'une circulation tout public au niveau du Highway



#### Les équipements communs

La halle de la Möllerei sera conservée, tout en étant partiellement adaptée à des utilisations nouvelles. Les silos destinés au haut fourneau B seront démantelés ponctuellement afin de permettre une réutilisation de l'espace de la Möllerei, ainsi que l'organisation d'une liaison entre la place du Stahlhof et le niveau usine.

Le Highway, le réseau de conduites de gros diamètre et d'autres éléments isolés participent aux différentes échelles de perception d'un fragment de paysage industriel et resteront intacts. Le Highway est un des éléments fédérateurs du projet pour ce qui concerne les projets de valorisation du patrimoine industriel. Des aménagements seront possibles et permettront d'ouvrir des circulations transversales au niveau de l'usine.

Il conviendra également de conserver le réseau de conduites de gros diamètre qui fabrique l'espace très particulier de la "rue industrielle" qui longe la Halle des soufflantes et le futur Incubateur d'entreprises.



Il est évident que le projet de conservation du patrimoine devra englober les autres vestiges du site pour conserver l'image la plus complète du site industriel d'origine.

#### **Accès au public**

Concernant les installations soumises à une conservation intégrale, les accès seront gérés par un projet de mise en valeur de type muséal. La sécurité implique de restreindre l'accès à certaines parties des installations et de condamner les accès, passerelles ou toute zone présentant un danger pour les visiteurs. Le degré d'accessibilité sera bien évidemment proportionnel aux moyens engagés pour assurer la sécurité du public.

Concernant les autres installations, le haut fourneau ne sera accessible qu'au niveau du plancher de travail et au niveau du gueulard. La halle de coulée et les locaux annexes du haut fourneau B, ainsi que la partie correspondante de la Möllerei, seront accessibles au public dans le cadre de leurs réaffectations qui devront compléter le projet culturel.

#### **L'intégration urbanistique des hauts fourneaux**

Le scénario 3 considère le paysage urbain du site des hauts fourneaux comme un lieu de ressources qui devra insuffler son caractère au nouveau quartier. Ce paysage est à préserver dans son intégrité.

Cette approche demandera une gestion toute particulière de la situation à l'intérieur même du site étant donné les impératifs de sécurité, ainsi que l'image et le sentiment de confiance qui devra s'en dégager.

Par ailleurs, l'intégration du site dans le nouveau contexte urbain n'offre pas réellement d'axe majeur de communication ou d'articulations possibles vu le contexte donné par les installations préservées et les surfaces très réduites qui sont libérées.

Les aménagements possibles dans les installations soumises à des interventions ponctuelles devraient permettre, à l'intérieur des volumes libérés, l'implantation de nouvelles activités sur le site. S'agissant en partie du volume de la Möllerei ainsi que de certains bâtiments annexes au haut fourneau B. Quant aux installations soumises à une conservation intégrale, elles amèneront une animation de type culturel muséal.

*Haut fourneau B, escalier de la tour carrée*

## SCENARIO : Le compromis conceptuel

### La conservation différenciée des hauts fourneaux

Le gouvernement s'est prononcé en faveur du projet de compromis conceptuel qui permet de réaliser les objectifs majeurs des deux concepts précédents, d'une part documenter la sidérurgie dans ses aspects historiques techniques et sociologiques sur un des deux hauts fourneaux et d'autre part, conserver la silhouette du site intacte. Ceci implique une conservation différenciée des deux hauts fourneaux correspondant à des objectifs complémentaires. Cette approche de conservation des installations part du principe qu'un seul des deux hauts fourneaux est suffisant pour documenter l'activité sidérurgique.

Les éléments significatifs du haut fourneau A et une partie de la Möllerei seront conservés pour documenter l'activité sidérurgique. Les installations du haut fourneau A sont préservées dans un bien meilleur état que celles du haut fourneau B. En effet, depuis la campagne de réfection en 1990, le haut fourneau A n'a jamais été remis en fonctionnement. De ce fait, le Luxembourg possède probablement le seul haut fourneau au monde rénové et prêt à la production mais en état d'arrêt définitif.

Le haut fourneau B sera conservé à un degré similaire à celui du premier scénario. Le volume extérieur de la Möllerei sera préservé dans son ensemble en tant qu'élément caractéristique du site.

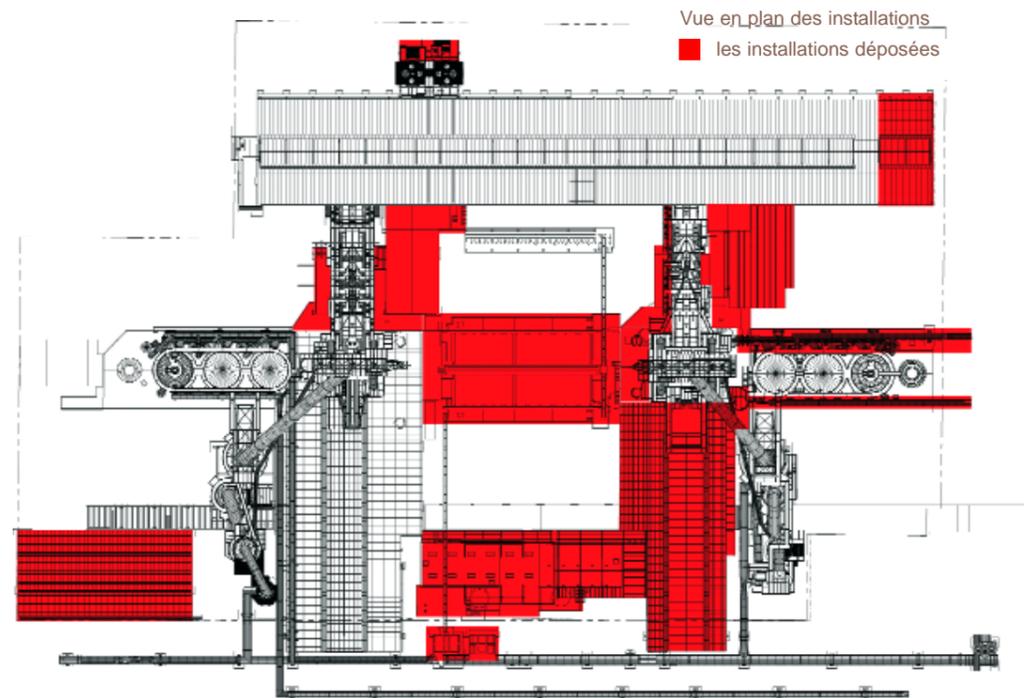
Cette proposition vise un équilibre entre les ouvrages conservés et les surfaces libérées. Par ailleurs, les volumes conservés pourront être réaffectés à de nouvelles fonctions, la réaffectation utile d'un ouvrage étant garant d'une conservation durable. La situation projetée permettra une intégration aisée du site des hauts fourneaux dans le nouveau contexte urbain proactif.

Aux fins de documentation de l'équipement du plancher de travail et du plancher de coulée, seront conservés : les machines à forer les trous à laitier primaire, la machine à boucher et la machine à forer le trou de coulée, le gueulard et les hottes posées sur les rigoles capotables.

Tous les accès nécessaires pour les entretiens des éléments conservés, ainsi qu'un accès permanent aux différents niveaux du haut fourneau A seront conservés.

*Möllerei avec silos à lignite,  
vue sud-ouest, 2006*





### Conservation des éléments significatifs du haut fourneau A

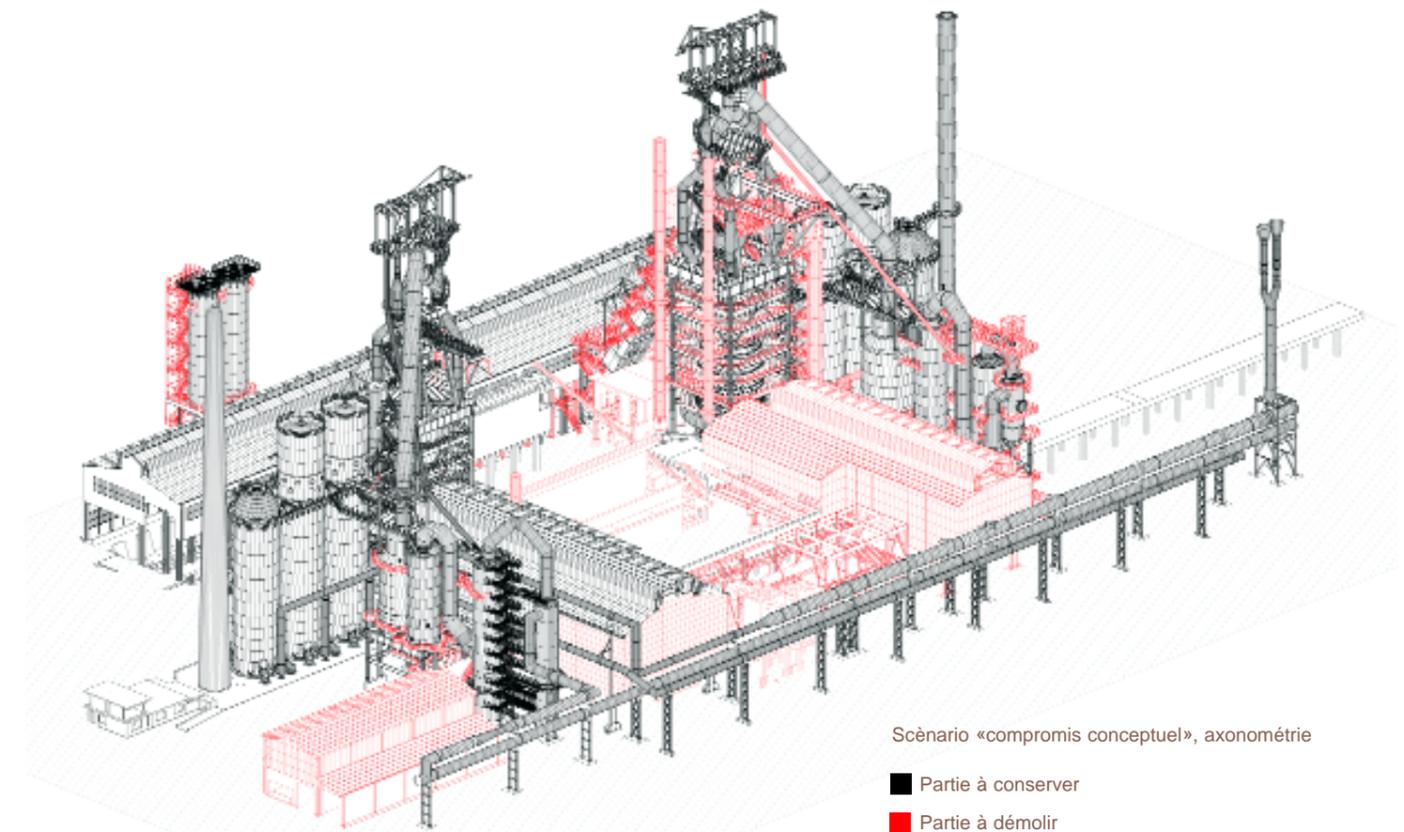
Les éléments significatifs des installations du haut fourneau A qui seront conservés permettront d'illustrer et de documenter les différentes phases liquides de la production de la fonte : le chargement du minerai, la production de vent chaud, l'épuration des gaz et finalement la réduction du minerai dans le haut fourneau proprement dit et de comprendre ainsi le processus de la fonte du minerai.

Ainsi seront conservés le haut fourneau A avec sa tour carrée, la tour gueulard et le monte charge, tout comme les cowpers et les installations d'épuration des gaz. La halle de coulée sera conservée jusqu'au Highway. La Möllerei et ses sept premiers silos seront également préservés pour documenter la préparation et le chargement de la charge vers le haut fourneau A au moyen du monte-charge.

Tous les autres éléments des installations du haut fourneau A, tels les bâtiments annexes (bâtiment électrique, salle des machines etc.), les bassins de granulation, les circuits des aéroréfrigérants, etc. seront démolis.

Par ailleurs, les installations conservées seront dépouillées des éléments et des structures secondaires, tels les conduites et tuyauteries de moyens et petits diamètres, les cheminées en tôle fines, les passerelles et escaliers secondaires. Cependant, les conduites de gaz et de vent de grands diamètres longeant les installations seront conservées. Elles permettront de comprendre les relations fonctionnelles des éléments conservés.

Ainsi, le dernier tronçon des conduites à vent froid et à gaz, provenant de la halle des soufflantes respectivement du collecteur de gaz et longeant les cowpers sera conservé. La conduite à vent chaud issue des cowpers, la conduite circulaire et l'équipement de soufflage seront également conservés. Enfin, la conduite de descente des gaz et les conduites de liaison entre les éléments de l'épuration des gaz seront maintenues. Ces dernières conduites permettent non seulement de comprendre les différentes étapes du processus de récupération et d'épuration des gaz de haut fourneau, mais elles participent également à la silhouette caractéristique du haut fourneau A.



### Conservation des éléments de silhouette du haut fourneau B

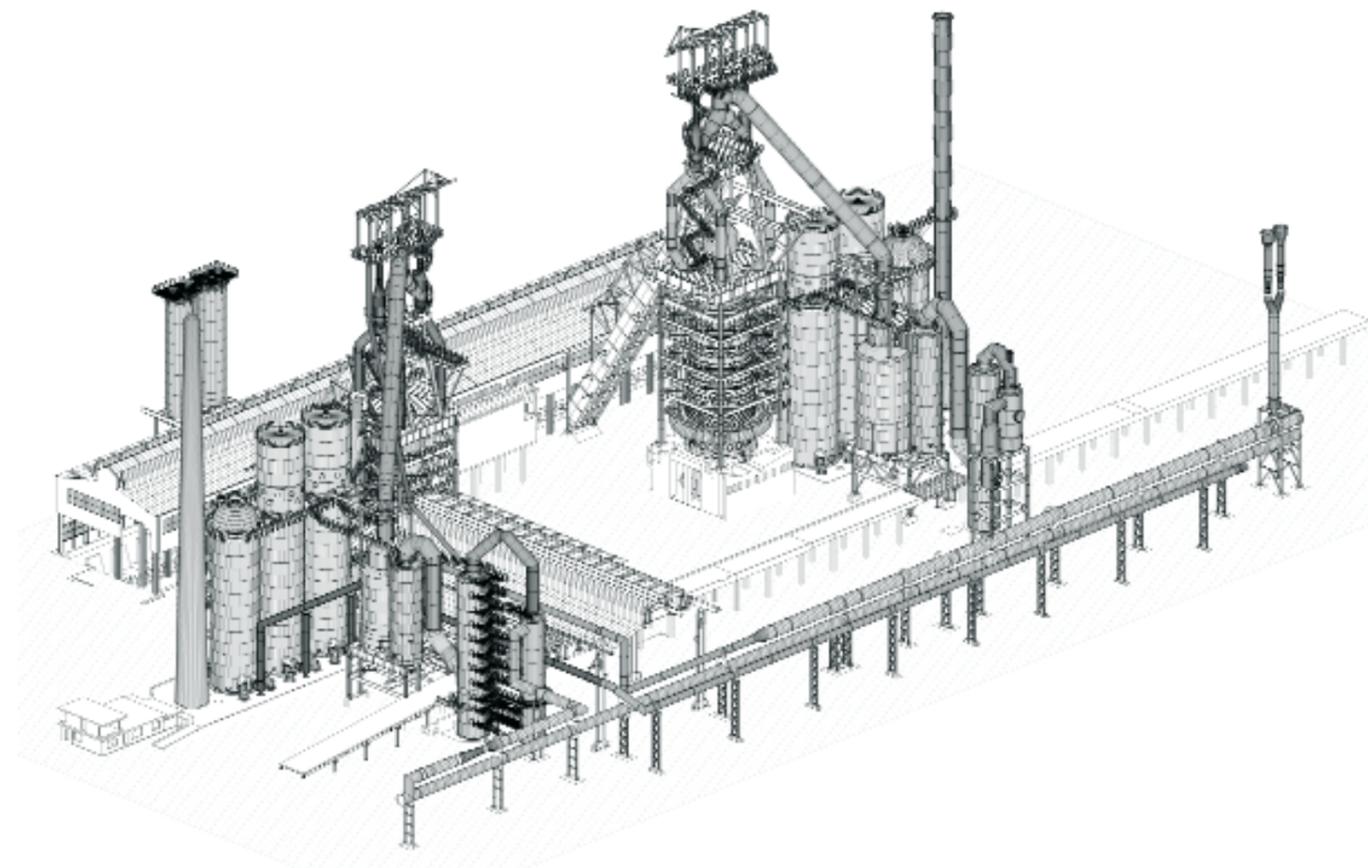
Les éléments des installations du haut fourneau B seront conservés de la même manière que dans le scénario «silhouette». Il s'agit de la tour carrée et du haut fourneau proprement dit; la tour gueulard avec le gueulard sans cloches et ses installations; le monte-charge, les cowpers et leur cheminée et enfin l'ensemble des éléments de l'épuration des gaz en plus.

Le scénario prévoit donc la conservation de l'ensemble des éléments de grande échelle, qui constituent également les quatre principaux équipements du haut fourneau. Il s'agit de préserver la silhouette du site.

Ces éléments conservés seront mis en exergue en les dépouillant de toutes les conduites de petits et grands diamètres, ainsi que des passerelles, escaliers et de tous les autres éléments secondaires. Ne seront conservées que la conduite circulaire, la conduite de descente de gaz du haut fourneau B, ainsi que les conduites de liaison entre les éléments de l'épuration des gaz, pour préserver la silhouette. Seront également conservées les passerelles et les escaliers nécessaires aux entretiens.

Cette opération permettra la mise en évidence du haut fourneau B proprement dit en tant que pièce maîtresse de l'installation. A cette fin les garde-corps et les platelages présents sur la tour carrée seront également déposés de sorte à mettre à découvert le blindage du haut fourneau depuis le creuset jusqu'au niveau gueulard. Les structures secondaires supportant le platelage seront gardées afin de pouvoir installer un plancher mobile lors des entretiens. Les escaliers existants et nécessaires pour les accès seront remplacés par des escaliers en caillebotis pour ne pas entraver la perception de la forme du haut fourneau proprement dit.

La conduite circulaire à vent chaud et l'équipement de soufflage et de refroidissement seront conservés en raison de leur appartenance au haut fourneau. Le gueulard sans cloches, qui représente une avancée majeure dans l'histoire technologique récente des hauts fourneaux, sera conservé. Ponctuellement certaines vannes ou éléments innovants propres du haut fourneau B seront également maintenus dans la mesure où ils présentent un intérêt technologique et ne peuvent pas être documentés par le haut fourneau A.



### Accessibilité au public

Il est important de souligner que le scénario de conservation préconise une réaffectation des installations plutôt qu'une conservation muséale figée. En effet, la réaffectation utile d'un ouvrage favorise sa conservation durable.

Pour cette raison, le volume de la halle de coulée du haut fourneau A qui sera préservé, sera réaffecté à de nouvelles fonctions qui seront développées dans le cadre d'un projet spécifique.

De même, le volume de la Möllerei sera conservé dans son ensemble en tant qu'élément caractéristique du site. Cependant, seules les sept premières travées autour du chargement du haut fourneau A seront intégralement conservées afin de documenter le chargement. Le restant du volume de la Möllerei sera éviscéré et rendu exploitable pour de nouvelles activités. Cette réaffectation ne devra, cependant, pas apporter de modifications conséquentes aux structures.



Le haut fourneau A pourra être accessible à ces différents niveaux, permettant la découverte des hauts fourneaux ainsi que du site de Belval de manière spectaculaire.

#### **Intégration urbanistique du scénario**

Le scénario prévoit de dégager des surfaces notables au sol. En effet les déposes prévues sur les hauts fourneaux A et B permettent de dégager les installations tout en récupérant des espaces importants. Par ailleurs, des installations communes seuls la Möllerei et les silos de granulation pour l'évacuation par voie ferrée, en raison de leurs qualités plastiques, seront conservés.

Des nouveaux axes de circulations entre les hauts fourneaux et à l'arrière de ceux-ci du côté de la Möllerei pourront être créés.

Le scénario est ainsi propice à la réalisation d'un site ouvert et perméable, les espaces et recoins peu sécurisant seront éliminés. De nouvelles fonctions pourront prendre place dans les volumes de la halle de coulée du haut fourneau A et de la Möllerei. Elles pourront également venir s'implanter sur le site dans de nouveaux bâtiments. Cette animation contribuera à l'animation du site des hauts fourneaux.

## les scénarios en chiffres

Les trois scénarios de conservation des hauts fourneaux ont été évalués en termes financiers. Cette donnée est indispensable à une prise de décision raisonnée pour l'une ou l'autre alternative.

L'évaluation financière porte d'une part sur l'investissement initial nécessaire à la réalisation du projet de conservation et d'autre part au coût d'entretien et de maintenance des infrastructures sur une période de 30 ans.

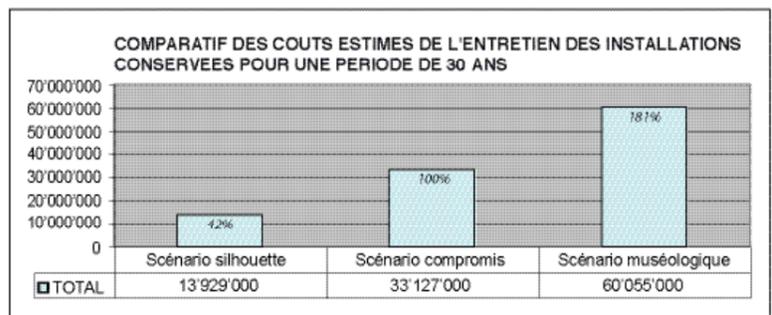
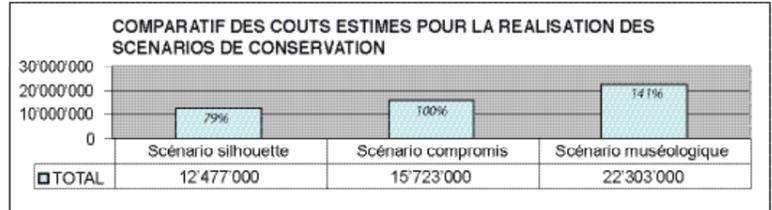
L'évaluation de l'investissement initial a été établie à partir d'une calculatrice précise des masses et quantités à démolir, à déposer respectivement à conserver et à traiter par la suite. Cette évaluation a été possible grâce à une modélisation précise des ouvrages dans laquelle les scénarios ont été implémentés.

La démarche choisie fut donc une démarche à étapes successives, permettant tout d'abord d'appréhender les installations dans tous leurs détails, pour élaborer ensuite un concept de conservation viable et d'évaluer l'envergure des travaux ainsi que le montant de l'investissement nécessaire que cette conservation implique.

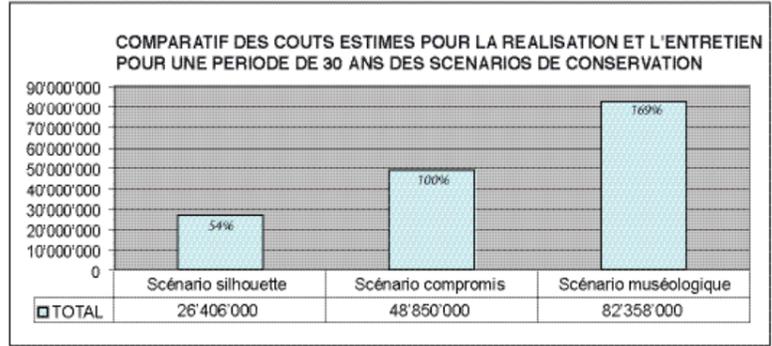
*Highway, vue nord, 2006*



COUTS ESTIMES POUR LA REALISATION DES SCENARIOS DE CONSERVATION				
SCENARIO	EXPLICATIONS	COUTS ESTIMES hors TVA	TVA 15%	COUTS ESTIMES TTC
SCENARIO SILHOUETTE	BASE	13 498 262,50 €	2 024 730,38 €	15 522 992,88 €
	BONIFICATIONS pour la mitraille à 120 €/to	-2 648 064,90 €	-397 332,72 €	-3 045 397,62 €
	ESTIMATION tenant compte de la BONIFICATION	10 849 317,70 €	1 627 397,96 €	12 476 715,36 €
SCENARIO MUSEOLOGIQUE	BASE	19 968 085,62 €	2 935 298,84 €	22 903 275,46 €
	BONIFICATIONS pour la mitraille à 120 €/to	-173 962,08 €	-26 084,31 €	-200 056,39 €
	ESTIMATION tenant compte de la BONIFICATION	19 394 103,54 €	2 909 115,53 €	22 303 219,07 €
SCENARIO COMPROMIS CONCEPTUEL	BASE	18 060 768,68 €	2 258 115,30 €	17 318 883,98 €
	BONIFICATIONS pour la mitraille à 120 €/to	-1 388 791,83 €	-206 318,78 €	-1 597 110,63 €
	ESTIMATION tenant compte de la BONIFICATION	13 871 976,81 €	2 050 796,52 €	15 722 773,33 €



COUTS ESTIMES de l'ENTRETIEN des INSTALLATIONS CONSERVEES période 30 ans				
SCENARIO	EXPLICATIONS	COUTS ESTIMES hors TVA	TVA 15%	COUTS ESTIMES TTC
SCENARIO SILHOUETTE	BASE	12 112 318,94 €	1 818 847,84 €	13 929 164,48 €
	MOYENNE/ANNEE	403 743,90 €	60 581,58 €	464 305,48 €
SCENARIO MUSEOLOGIQUE	BASE	52 221 895,54 €	7 893 284,33 €	60 055 179,87 €
	MOYENNE/ANNEE	1 740 726,85 €	261 109,48 €	2 001 836,33 €
SCENARIO COMPROMIS CONCEPTUEL	BASE	28 808 481,03 €	4 320 973,85 €	33 127 454,88 €
	MOYENNE/ANNEE	960 281,37 €	144 032,46 €	1 104 248,82 €



SYNTHESE DES COUTS ESTIMES POUR LA REALISATION ET L'ENTRETIEN POUR UNE PERIODE DE 30 ANS DES SCENARIOS DE CONSERVATION			
SCENARIO	coûts d'investissement (to)	coûts d'entretien (to)	coût total
SCENARIO SILHOUETTE	12 476 715,36 €	13 929 164,48 €	26 405 879,84 €
SCENARIO MUSEOLOGIQUE	22 303 219,07 €	60 055 179,87 €	82 358 398,94 €
SCENARIO COMPROMIS CONCEPTUEL	15 722 773,33 €	33 127 464,68 €	48 850 238,02 €

COMPARATIF: DETAILS DES INTERVENTIONS EN MASSES, VOLUMES ET SURFACES SELON LE SCENARIO ANALYSE													
INTERVENTIONS	SCENARIO SILHOUETTE				SCENARIO MUSEOLOGIQUE				SCENARIO COMPROMIS CONCEPTUEL				
	Inst. HFA	Inst. HFB	Inst. Com.	TOTAL	Inst. HFA	Inst. HFB	Inst. Com.	TOTAL	Inst. HFA	Inst. HFB	Inst. Com.	TOTAL	
DEMOLITIONS	charpentes	1'791 to	1'970 to	4'925 to	8'686 to	85 to	94 to	474 to	653 to	185 to	1'913 to	3'034 to	5'132 to
	chaudronneries	520 to	572 to	1'631 to	2'723 to	99 to	109 to	67 to	275 to	119 to	469 to	944 to	1'532 to
	total acier	2'311 to	2'542 to	6'556 to	11'409 to	184 to	203 to	541 to	928 to	304 to	2'382 to	3'978 to	6'664 to
	% à démolir	43 %	42 %	95 %	62 %	3 %	3 %	8 %	5 %	6 %	39 %	55 %	35 %
	béton	20'000 m³	22'000 m³	54'954 m³	96'954 m³	500 m³	550 m³	3'694 m³	4'744 m³	4'000 m³	22'000 m³	18'625 m³	44'625 m³
% à démolir	50 %	50 %	99 %	70 %	1 %	1 %	7 %	3 %	10 %	50 %	31 %	31 %	
REPARATIONS	acier	24 to	26 to	17 to	67 to	318 to	292 to	382 to	991 to	155 to	27 to	165 to	338 to
	béton	300 m³	330 m³	21 m³	651 m³	2'370 m³	2'807 m³	5'188 m³	10'145 m³	1'080 m³	330 m³	1'910 m³	3'320 m³
NOUVELLES CONSTRUCTIONS	acier	100 to	120 to	0 to	220 to	100 to	120 to	195 to	415 to	100 to	120 to	195 to	415 to
	béton	50 m³	60 m³	0 m³	110 m³	50 m³	60 m³	1'659 m³	1'769 m³	50 m³	60 m³	1'659 m³	1'769 m³
TRAITEMENT DE SURFACE	charpenterie	15'904 m²	17'494 m²	4'160 m²	37'558 m²	43'200 m²	47'520 m²	79'260 m²	169'980 m²	41'600 m²	18'408 m²	41'222 m²	101'230 m²
	chaudronnerie	6'537 m²	7'191 m²	258 m²	13'986 m²	7'800 m²	8'590 m²	4'950 m²	21'330 m²	7'740 m²	7'500 m²	2'318 m²	17'558 m²

© **Le Fonds Belval**

Rédaction : M. Lamesch, A. Ivanova, L. Wercollier  
Design graphique : C. Bizzari  
Photos en noir et blanc : Ed Sand, Paul Wurth s.a., Photothèque de la Ville de  
Luxembourg/Collection Marcel Schroeder  
Photos en couleur : Visions & More by André Weisgerber,  
Romain Girtgen (CNA)  
Photos 2006 : Le Fonds Belval  
Images graphiques : S. Frieres  
Impression : Imprimerie Centrale s.a., Luxembourg  
Papier : Certifié FSC

Luxembourg, septembre 2006

ISBN 2-9599852-8-1  
ISBN13 9782-9599852-8-7

**LE FONDS BELVAL**

20, rue Eugène Ruppert  
L-2453 Luxembourg

Tél.: + 352 26 840-1  
Fax: + 352 26 840-300

Email : [fb@fonds-belval.lu](mailto:fb@fonds-belval.lu)  
[www.fonds-belval.lu](http://www.fonds-belval.lu)